

Carrier wave measuring bridge

PR 9307

9499 080 05601

1/0872

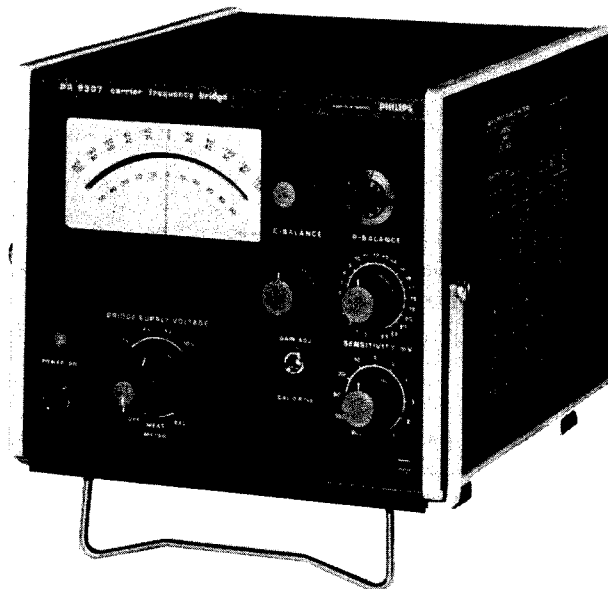
S&i

Scientific & Industrial equipment division



PHILIPS

PHILIPS



Anleitung

Notice d'emploi et d'entretien

Manual



TRÄGERFREQUENZ-MESSBRÜCKE

PONT DE MESURE D'ONDE PORTEUSE

CARRIER WAVE MEASURING BRIDGE

PR 9307

9499 080 05601

1/0872

Please note

In correspondence concerning this instrument, please quote the type number and serial number as given on the type plate.

Bitte beachten

Bei Schriftwechsel über dieses Gerät wird gebeten, die Typennummer und die Gerätenummer anzugeben. Diese befinden sich auf dem Typenschild an der Rückseite des Gerätes.

Noter s. v. p.

Dans votre correspondance et dans vos réclamations se rapportant à cet appareil, veuillez toujours indiquer le numéro de type et le numéro de série qui sont marqués sur la plaquette de caractéristiques.

Important

As the instrument is an electrical apparatus, it may be operated only by trained personnel. Maintenance and repairs may also be carried out only by qualified personnel.

Wichtig

Da das Gerät ein elektrisches Betriebsmittel ist, darf die Bedienung nur durch eingewiesenes Personal erfolgen. Wartung und Reparatur dürfen nur von geschultem, fach- und sachkundigem Personal durchgeführt werden.

Important

Comme l'instrument est un équipement électrique, le service doit être assuré par du personnel qualifié. De même, l'entretien et les réparations sont à confier aux personnes suffisamment qualifiés.

 **Philips GmbH — Hamburg — Germany — 1980**

All rights are strictly reserved.

Reproduction or divulcation in any form whatsoever is not permitted without written authority from the copyright owner.

Issued by Philips GmbH -Unternehmensbereich Elektronik für Wissenschaft und Industrie- Werk für Meßtechnik

Printed in Germany

Inhalt

ALLGEMEINER TEIL

I.	Einleitung	4
II.	Technische Daten	5
III.	Zubehör	9

GEBRAUCHSANLEITUNG

IV.	Funktionsprinzip	9
V.	Anschluss und Inbetriebnahme	11
	A. Aufstellung	11
	B. Anschlüsse und Bedienungselemente	11
	C. Netzanschluss	12
	D. Batterieanschluss	13
	E. Anschluss von Aufnehmern	13
	F. Aufnehmerkabel	17
	G. Erdung	17
	H. Messung an mehreren Messstellen	18
	J. Anschluss von Mess- und Registriergeräten	19
VI.	Abgleich	19
	A. Vorabgleich	19
	B. Kalibrierung	20
	C. Phasenkorrektur	23
VII.	Messungen und Auswertung	23
	A. Nichtlinearität einiger Brückenschaltungen	23
	B. Empfindlichkeitsverlust bei langen Aufnehmerkabeln	24
	C. Dynamische Messungen	25
VIII.	Wartung	25

Bilder

1	Blockschaltbild	102
2	Frontansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen	102
3	Rückansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen und Anschlüssen	103
4	Draufsicht (Deckblech entfernt)	103
5	Brückenschaltungen mit Dehnungsmessstreifen, Anschlussschemen und Abhängigkeit der Anzeige des eingebauten Instruments ($k = 1, 7 - 2, 3$)	104
6	Anschlussschema für Differentialtransformator	105
7	Aufbau des Aufnehmerkabels PT 2233	105
8	Aufnehmerseitige Erdung	105
9	Empfindlichkeitsverlust bei langem Aufnehmerkabel PT 2233	108
10	Frequenzverhalten der Messbrücke	108
11	Phasengang der Messbrücke	109
12	Sprungverhalten in Stellung "Minimales Überspringen"	109
14	Schaltbild	106/107

Tabelle

(Fig. 13)	1 Messbereiche bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollaussteuerung bzw. bei Kalibrierung auf k-Faktor der Dehnungsmessstreifen	110
-----------	---	-----

Anhang	1 Einfluss des k-Faktors	101
	2 Messbereichsfaktor	111
	3 Drehmoment in Abhängigkeit von der Dehnung	112

ACHTUNG

Bei Schriftwechsel über dieses Gerät wird gebeten, die genaue Typenbezeichnung und Gerätenummer anzugeben. Sie sind auf dem Typenschild an der Rückseite des

ALLGEMEINER TEIL

I. EINLEITUNG

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 dient zur Messung von relativen Impedanzänderungen in Wheatstone-Halb- oder -Vollbrückenschaltungen nach dem Ausschlagverfahren. Diese Impedanzänderungen können statische oder dynamische Änderungen des ohmschen, des kapazitiven bzw. induktiven Widerstands sein. Zur Speisung der Brückenschaltungen liefert das Gerät eine in mehreren Werten einstellbare Speisespannung mit einer Trägerfrequenz von 5 kHz.

Die Messbrücke PR 9307 kann in Verbindung mit folgenden Brückenschaltungen verwendet werden:

- Dehnungsmessstreifen-Brückenschaltungen und komplette Aufnehmer, die Dehnungsmessstreifen enthalten, z.B. Druckkraftaufnehmer PR 9226 und PR 9228, Universal-Dehnungsaufnehmer PR 9239, Gas- und Flüssigkeitsdruckaufnehmer PR 9346 SA/..., PR 9349 SA/..., Gas- und Flüssigkeitsdifferenzdruckaufnehmer PR 9356 ED/..
- Induktive Halbbrückenschaltungen, z.B. Dehnungsaufnehmer, Wegaufnehmer PR 9310, PR 9314/01 bis PR 9314/20.
- Differentialtransformatoren
- Brückenschaltungen mit temperaturempfindlichen Widerständen
- Brückenschaltungen mit anderen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten, die durch äussere Einflüsse geändert werden.

Für den Vorabgleich, die Kalibrierung der Messbrücke und die Messung von statischen und quasi statischen Vorgängen ist ein Anzeigeinstrument eingebaut. Die Brückenverstimmung wird in Millivolt angezeigt, jedoch wird durch Kalibrierung die eigentliche physikalische Messgrösse zugeordnet. An den Strom- bzw. Spannungsausgang können für statische Messungen ein externes Instrument oder ein Schreiber bzw. bei dynamischen Messungen ein Oszillograf oder ein Schnellschreiber angeschlossen werden.

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 bietet folgende Vorteile:

- grosse Messempfindlichkeit
- sehr kleiner Linearitätsfehler
- grosse Messgenauigkeit und Stabilität in einem weiten Umgebungstemperaturbereich
- erdsymmetrische Brückenspeisung
- reproduzierbarer Null-Vorabgleich
- Messausgänge ± 1 V bzw. ± 50 mA; dauerkurzschlussfest
- grosser Störabstand
- wahlweise Stromversorgung 110 - 245 V_~ / 45 - 400 Hz oder 24 V
- Schutzschaltung gegen Falschpolung bei 24 V_~
- kein Versorgungsspannungseinfluss auf die Messung

II. TECHNISCHE DATEN

Die hier mit einer Fehlergrenze angegebenen Daten sind Garantiewerte; Daten ohne Angabe der Fehlergrenze dienen nur zur Orientierung und entsprechen den Werten eines Durchschnittsgeräts.

A. ELEKTRISCHE DATEN

1. Eingang für Messgrössenaufnehmer

Ohmsche und induktive Aufnehmer in Halb-, Vollbrücken- oder Differentialtransformator-Schaltung

a. Zulässige Impedanzwerte des Aufnehmers

50 - 2000 Ω

b. Zulässiger k-Faktor

beliebig, direkt kalibrierbar für $k = 1,7 - 2,3$ (blaue Sonderskala), andere Werte durch Umrechnung

c. Vorabgleich

Ausgleichbarkeit der Brückenverstimmung hervorgerufen durch Unsymmetrie des Messgrössenaufnehmers

R-Abgleich

Totaler Abgleichbereich $\frac{\Delta R}{R}$ (bzw. $\frac{\Delta Z}{Z}$) = $\pm 2,5\%$ bei einem verstellten Brückenglied, allgemein $\pm 6,25 \frac{\text{mV}}{\text{V}}$ Speisespg. kompensierbar

Grobabgleich in 23 Stufen, Feinabgleich mit 10-Gang-Potentiometer

C-Abgleich

Totaler Abgleichbereich ± 850 pF bei Vollbrücken generell und bei Halbbrücke aus 600- Ω -Gliedern. Bei Halbbrücken aus anderen Gliedern (Z) gilt:

$$\pm 850 \times \frac{600}{Z} \text{ pF}$$

Grobabgleich in 23 Stufen, Feinabgleich mit 5-Gang-Potentiometer

d. Reproduzierbarkeit des Null-Vorabgleichs

mit Dual-Dial-Antrieb für R-Feinabgleich und Ziffernskala am R-Grobabgleich

Fehler der Reproduzierbarkeit

$\leq \pm 1\%$ im 0,1-mV-Bereich, bezogen auf Vollaussteuerung im 0,1-mV-Bereich entsprechend 0,5 μD für 4V, $k = 2$, ein aktiver Streifen

e. Innenwiderstand des Eingangs

>100 k Ω (Eingangstransformator)

f. Spannungsfestigkeit des Eingangs

bis zur vollen Brückenspeisespannung

2. Ausgang für Brückenspeisung

- a. Brückenspeisespannung 1/2/4/10 V umschaltbar, erdsymmetrisch
- b. Zulässige Belastung
bei 1 V : 0,125 VA
2 V : 0,25 VA
4 V : 0,5 VA
10 V : 0,5 VA
- c. Innenwiderstand
bei 1 V : $\leq 2,5 \Omega$
2 V : $\leq 2,5 \Omega$
4 V : $\leq 2,5 \Omega$
10 V : $\leq 15 \Omega$
- d. Langzeitdrift der Brückenspeisespannung bei konstanter Umgebungstemperatur
 $\leq \pm 0,2 \% / 40 \text{ h}$ (kann durch erneutes Kalibrieren eliminiert werden)
- e. Trägerfrequenz 5 kHz $\pm 1 \%$
- f. Langzeitdrift der Frequenz bei konstanter Umgebungstemperatur
 $\leq \pm 0,05 \% / 40 \text{ h}$
- g. Temperaturabhängigkeit der Frequenz
 $\leq \pm 0,01 \% / ^\circ\text{C}$
- h. Kurzschlussfestigkeit dauerkurzschlussfest
- i. Möglichkeit für Synchronbetrieb mehrerer Messbrücken PR 9307
BNC-Buchse für Fremdsteuerung, als Eingang oder Ausgang schaltbar: Bei Anschluss eines externen Oszillators wird interner Oszillator abgeschaltet. Mit einem Oszillator können 10 weitere Messbrücken PR 9307 synchron gesteuert werden

3. Messbereiche

Abschwächer mit 11 Stufen: $\pm 0,1 \text{ mV} / 0,2 \text{ mV} / 0,5 \text{ mV} / 1 \text{ mV} / 2 \text{ mV} / 5 \text{ mV} / 10 \text{ mV} / 20 \text{ mV} / 50 \text{ mV} / 100 \text{ mV} / 200 \text{ mV}$ entsprechend $\pm 50 \mu\text{D} / 100 \mu\text{D} / 250 \mu\text{D} / 500 \mu\text{D} / 1000 \mu\text{D} / 2500 \mu\text{D} / 5000 \mu\text{D} / 10000 \mu\text{D} / 25000 \mu\text{D} / 50000 \mu\text{D} / 100000 \mu\text{D}$ für 4 V, $k = 2$, ein aktiver Streifen oder entsprechend $\pm 20 \mu\text{D} / 40 \mu\text{D} / 100 \mu\text{D} / 200 \mu\text{D} / 400 \mu\text{D} / 1000 \mu\text{D} / 2000 \mu\text{D} / 4000 \mu\text{D} / 10000 \mu\text{D} / 20000 \mu\text{D} / 40000 \mu\text{D}$ für 10 V, $k = 2$, ein aktiver Streifen

stetig einstellbare, überlappende Verstärkung: 0,4...1,2 fache Nennverstärkung

- a. Fehler des Stufenabschwächers $\leq \pm 0,2 \%$

4. Kalibrierung

Einstellung der Verstärker für $k = 2,0$ auf das 0,8fache des Skalenendwertes. Einstellung für $k = 1,7 - 2,3$ entsprechend der blauen Sonderskala. Kalibrierung ist unabhängig vom Messbereich und von der Brückenverstimmung

- a. Kalibrierfehler $\leq \pm 0,2 \%$

b. Temperaturabhängigkeit der Kalibrierspannung	$\leq \pm 0,01 \% / ^\circ\text{C}$
5. Einlaufzeit bei konstanter Umgebungstemperatur	30 Min. Zu diesem Zeitpunkt ist der Einlauffehler $\leq 0,2 \%$ vom Messbereichsendwert
6. Messausgänge	
a. Spannungsausgang zum Anschluss eines Instruments oder Oszillografen	erdfrei unsymmetrisch, kann mit Lasche geerdet werden
Nennwert bei Vollausschlag des eingebauten Instruments	$\pm 1 \text{ V}$ bei $R_L \geq 10 \text{ k}$ ($R_i = 100 \Omega$)
b. Stromausgang	Schaltbuchsen, Ausgang erdfrei, unsymmetrisch, kann durch Lasche am Spannungsausgang geerdet werden
Nennwert bei Vollausschlag des eingebauten Instruments	$\pm 50 \text{ mA}$ bei $R_L = 100 \Omega$ 100- Ω -Potentiometer als Ergänzungswiderstand für Schleifenwiderstände $< 100 \Omega$ (interner Abschlusswiderstand durch Schaltbuchsen abgetrennt)
Übersteuerung	ca. 75 mA durch eingebaute Strombegrenzung bei $R_L = 100 \Omega$
c. Langzeitdrift des Nullpunkts bei konstanter Umgebungstemperatur	Mittelwert Null, kurzzeitig ca. $\pm 0,03 \%$ im 0,1-mV-Bereich entsprechend ca. $\pm 0,015 \mu\text{D}$
d. Temperaturabhängigkeit des Nullpunkts	$\leq \pm 0,1 \% / ^\circ\text{C}$ im 0,1-mV-Bereich entsprechend $\leq \pm 0,05 \mu\text{D} / ^\circ\text{C}$
e. Linearitätsfehler des Ausgangssignals	$\leq \pm 0,15 \%$ (Abweichung von der Geraden durch Null und 0,8 fsd bezogen auf ganze Messspanne - Vollaussteuerung bis + Vollaussteuerung)
f. Langzeitdrift des Ausgangssignals	$\leq \pm 0,2 \% / 40 \text{ h}$ bei $25 ^\circ\text{C}$, bezogen auf Vollaussteuerung, unabhängig vom Messbereich
g. Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals	$\leq \pm 0,05 \% / ^\circ\text{C}$, bezogen auf Vollaussteuerung, unabhängig vom Messbereich
h. Versorgungsspannungsabhängigkeit des Ausgangssignals	nicht messbar klein für zulässige Netz- und Batteriespannungs-Schwankungen
i. Störabstand des Ausgangssignals	$> 40 \text{ dB}$ für Bereiche 0,1 - 0,5 mV $> 60 \text{ dB}$ für Bereiche ab 1 mV
k. Kurzschlussfestigkeit der Messausgänge	beide Ausgänge dauerkurzschlussfest, Kurzschlussstrom am Stromausgang max. 200 mA

1. Frequenzbereich

Frequenzverhalten intern unsteckbar:
 in Stellung "optimum frequency response"
 0...1000 Hz $\pm 1\%$
 1,5 kHz $- 3\text{ dB}$
 In Stellung "minimum overshoot"
 1,0 kHz $- 3\text{ dB}$

m. Anstiegszeit bei sprungförmigem Eingangssignal

in Stellung "minimum overshoot"
 Anstiegszeit ca. 0,3 ms
 Überspringen ca. 5 %,
 in Stellung "optimum frequency response"
 Anstiegszeit ca. 0,25 ms,
 Gruppenlaufzeit ca. 0,4 ms in beiden
 Stellungen

7. Anzeigeeinstrument

Drehspulinstrument Kl. 0,5 mit Skalen
 ± 50 , ± 100 , ± 200 und blauer k-Faktor-
 Skale 1,7 - 2,3, abschaltbar

a. Temperaturabhängigkeit des Anzeigeeinstruments

$\leq \pm 0,2\% / ^\circ\text{C}$ (kann durch erneutes
 Kalibrieren eliminiert werden)

8. Umgebungsbedingungen

a. Bezugstemperatur

25 $^\circ\text{C}$

b. Nenngebrauchsbereich der Temperatur

0...50 $^\circ\text{C}$

c. Lagertemperaturbereich

-40...+90 $^\circ\text{C}$

9. Versorgungsspannung

a. Netzbetrieb

110/125/145/200/220/240 V
 45 - 400 Hz

Zulässige Netzspannungsschwankungen

+ 10 % bzw. - 15 % vom jeweiligen
 Nennwert

Leistungsaufnahme

ca. 15 VA

Schutzklasse

Klasse I nach VDE 0411

b. Batteriebetrieb

24 V Gleichspannung. Beim Anlegen
 beider Quellen ist die Batteriespannung
 wirksam. Für Batteriebetrieb Schutz-
 diode gegen falsche Polung eingebaut

Zulässige Spannungsschwankungen

$\pm 10\%$

Stromaufnahme

ca. 300 mA

B. MECHANISCHE DATEN

Breite

235 mm

Höhe

195 mm

Tiefe

280 mm

Gewicht

ca. 5,5 kg

III. ZUBEHÖR

- 1 Netzkabel
- 2 m Aufnehmerkabel PT 2233 mit 6poligem Stecker an einem Ende
- 1 Gebrauchsanleitung

SONDERZUBEHÖR

Aufnehmer-Verlängerungskabel und diverse Aufnehmer-Anschlusskabel für PHILIPS-Aufnehmer und Fremdfabrikate auf Anfrage.

Gebrauchsanweisung

IV. FUNKTIONSPRINZIP (Bild 1)

Das Netzteil I (Power Supply) ist entweder über den Netzschalter SK6 ("Power on") und den Schutzkontakt-Gerätestecker CD2 mit einer Netzspannung von 110/125/145/200/220 oder 240 V; 45 - 400 Hz oder über die 4-mm-Buchsen CD3, CD4 mit einer Gleichspannungsquelle von 24 V verbunden (24 V DC SUPPLY).

Bei Netzbetrieb wird die vorhandene Netzspannung am Spannungskarussell SK5 gewählt. Bei Batteriebetrieb unterbricht der in Schaltbuchse CD3 eingeführte Stecker zwangsläufig über den Kontakt SK7 die Verbindung zum Netz. Für beide Betriebsarten dient das Lämpchen LA1 zur Einschaltkontrolle.

Das Netzteil ist elektronisch stabilisiert und liefert die für das gesamte Gerät erforderliche Betriebsspannung 18 V_±.

Der Oszillator II erzeugt eine Trägerfrequenz von 5 kHz mit einer Amplitude von 3 V_{eff}, wenn SK9 in Stellung "INT" steht. Die Trägerspannung wird dem Brückenspeisespannungs-Verstärker III und dem Phasenschieber IX zugeführt. Über die Buchse CD10 können ausserdem zehn weitere Messbrücken PR 9307 mit der Trägerspannung parallel gesteuert werden.

Das Gerät selbst ist über CD10 fremd steuerbar, wenn SK9 in Stellung "EXT" steht.

Im Brückenspeisespannungs-Verstärker III wird die Trägerspannung verstärkt. Mit dem Schalter SK8 ("BRIDGE SUPPLY VOLTAGE") sind die erdsymmetrischen Brückenspeisespannungen 1/2/4/10 V wählbar.

Der Aufnehmer (Transducer) in Brückenschaltung wird über die Kontakte 1 und 6 der Buchse CD1 gespeist.

Enthält der Aufnehmer nur eine Halbbrückenschaltung, so wirken die beiden 600-Ω-Widerstände zwischen den Kontakten 1 und 6 über den Schalter SK1 als Vollbrückenergänzung. Die Messdiagonale ist bei Vollbrückenschaltung über abgeschirmte Leitungen mit den Kontakten 3 und 4 der Buchse CD1 verbunden. Die Leitungsabschirmung liegt an Kontakt 5.

Durch die erdsymmetrische Brückenspeisung (Messdiagonale nicht geerdet) ist gewährleistet, dass Kapazitätsunsymmetrien bzw. -schwankungen zwischen den Speiseleitungen und Erde und Kapazitätsänderungen zwischen geschirmten Messleitungen und Erde nicht mehr die Messung beeinflussen. Diese Kapazitäten sind nicht als schädliche Parallelkapazitäten zu den Brückengliedern wirksam, sondern stellen nur eine geringfügige Belastung des Brückenspeisespannungsausgang dar.

Die Messleitung führt von SK12 über die Vorabgleichseinheiten C-Balance IV und R-Balance V. Die "C-BALANCE"-Stellglieder, Schalter SK2 und 5-Gang-Potentiometer R29, sowie die

"R-BALANCE"-Stellglieder, Schalter SK1 und 10-Gang-Potentiometer R27, sind die Bestandteile einer Kompensationsbrückenschaltung, die ebenfalls aus dem Brückenspeisespannungs-Verstärker gespeist wird.

Mit den Stellgliedern ist eine eventuell vorhandene Vorverstimmungsspannung der Aufnehmerbrücken-Schaltung nach Betrag und Phase kompensierbar.

Die durch Serienschaltung von Aufnehmerbrücken-Diagonalspannung und Kompensationsbrücken-Diagonalspannung entstandene Differenz-Messspannung gelangt über SK3 an den Eingang des Vorverstärkers VI. Durch Abschwächung mit dem Schalter SK4 ("SENSITIVITY") werden die Messbereiche 0,1 mV/0,2 mV/0,5 mV usw. bis 200 mV gewählt. Der anschliessende Bandpass ist für 5 kHz $\pm$ 1,5 kHz Bandbreite ausgelegt; er dämpft hochfrequenzere und niederfrequenzere Störspannungen.

Die Kalibriertaste SK3 ("CAL. 0.8 fsd") schaltet anstelle der Messspannung die asymmetrische Kalibrierspannung (Cal. Voltage) an den Eingang des Vorverstärkers. Mit dem 10-Gang-Potentiometer R35 ("GAIN ADJ.") wird das Gerät für den k-Faktor 2 auf 0,8fachen Skalenendwert kalibriert, bei k-Faktoren im Bereich 1,7...2,3 gilt die blaue Sonderskala. Sonstige k-Faktoren sind nach Umrechnungswerten auf der Instrumentenskala kalibrierbar. Die Kalibrierung ist unabhängig von der Messspannung und von der Stellung des Schalters SK4.

Der Hauptverstärker VII (Main Amplifier) verstärkt die trägerfrequente Messspannung. Der Synchrondemodulator VIII (Sync. Demodulator/Low-pass Filter) demoduliert die Messspannung. Der Tiefpass begrenzt für dynamische Messungen den Frequenzbereich nach oben. Mit Hilfe einer Umsteckmöglichkeit auf der Printplatte ist das Frequenzverhalten wählbar, je nachdem, ob ein grosser Frequenzbereich von 0...1,5 kHz ("optimum frequency response") oder ein geringes Überschwingen von 5 % ("minimum overshoot") bevorzugt wird.

Die Schaltspannung für den Demodulator wird von der im Oszillator II erzeugten oder über CD10 zugeführten Trägerspannung abgeleitet. Mit dem Phasenschieber IX (Phase Shifter) mit R5 auf der Printplatte, ist ein Phasenfehler zwischen Brückenspeisespannung und Aufnehmerbrücken-Diagonalspannung im Bereich von -45° ... $+45^{\circ}$ ausgleichbar. Diese Phasenkorrektur ist eventuell bei Aufnehmern in Differentialtransformator-Schaltung erforderlich.

Im Schaltspannungserzeuger X (Sine-wave/Square-wave Converter) wird die sinus-förmige Trägerspannung in die zum Schalten des Demodulators erforderliche Rechteckspannung umgewandelt.

Das Anzeigeinstrument XII ist zum Zwecke des Vorabgleichs über SK10 in Stellung "BAL." mit dem Trägerdetektor XI (Carrier Detector) verbunden, in dem die Trägeramplitude in eine gerichtete Gleichspannung gewandelt wird. Steht SK10 in Stellung "MEAS.", so zeigt das Instrument bei statischen oder quasistatischen Messungen die Verstimmungsspannung in Millivolt an. Für dynamische Messungen ist das Instrument abschaltbar.

Die Messausgänge sind erdfrei und unsymmetrisch.

Am Stromausgang CD8, CD9 (CURRENT OUT) ist bei Vollaussteuerung $\pm$ 50 mA bei einem Gesamtlastwiderstand von 100 Ω entnehmbar. Beim Anschluss von z.B. einem Galvanometer-schreiber mit einem Innenwiderstand $< 100 \Omega$ ist mit dem Potentiometer R44 ("LOAD COMPLEMENT") der Gesamtlastwiderstand auf 100 Ω zu ergänzen. Durch die Schaltbuchse CD8 ist der Leitungszweig zwischen R10 und CD9 unterbrochen.

Ist in CD8 (Stromausgang) kein Stecker eingeführt, so wirkt R10 als Lastwiderstand des Stromausgangs.

Am Spannungsausgang CD5, CD6 (VOLTAGE OUT) stehen $\pm$ 1 V bei Vollaussteuerung und einem Lastwiderstand $\geq 10 \text{ k}\Omega$ zur Verfügung.

Durch eine Lasche können die Buchsen CD6 und CD7 verbunden werden. Damit liegen sowohl die Minusbuchse CD9 des Stromausgangs als auch die Minusbuchse CD6 des Spannungsausgangs auf Massepotential.

V. ANSCHLUSS UND INBETRIEBNAHME

A. AUFSTELLUNG

Bei der Aufstellung des Geräts brauchen keine besonderen Vorkehrungen beachtet zu werden. Mit Hilfe des an der Geräteunterseite befindlichen Klappbügels ist das Gerät geneigt aufstellbar.

B. ANSCHLÜSSE UND BEDIENUNGSELEMENTE (Bilder 2, 3 und 4)

Die Anschlüsse und die beim Anschliessen zu beachtenden Einstellorgane sind an der Geräte-rückseite angeordnet:

- | | |
|--|--|
| 1. Netzanschluss | Gerätestecker für Netzanschlusskabel |
| CD2 | Netzspannungswähler |
| SK5 "110V/125V/145V/
200V/220V/245V" | |
| 2. Batterieanschluss | 4-mm-Buchsen für Batterieanschluss-
leitungen |
| CD3 (+) | |
| "24V DC SUPPLY" | |
| CD4 (-) | Klemmschraube für Erdverbindung |
| "  | |
| 3. Oszillator SK9 "INT./EXT." | Schiebeschalter für Betrieb mit interner
oder externer Trägerspannung 3V, 5 kHz |
| CD10 "3V, 5 kHz" | Buchse als Ausgang oder Eingang der
Trägerspannung 3V, 5 kHz |
| 4. Aufnehmer | 6-polige Buchse zum Anschluss des Auf-
nehmers. |
| CD1 "TRANSDUCER" | Kontaktbesetzung: |
| | 1 Brückenspeisespannung |
| | 2 nicht beschaltet |
| | 3 Messleitungen |
| | 4 |
| | 5 Gerätemasse |
| SK12  /  | Kippschalter für Aufnehmerart mit
Vollbrücken-(bzw. Differentialtransforma-
tor-) Schaltung / Halbbrückenschaltung |
| 5. Messausgänge | 4-mm-Buchsen des Stromausgangs |
| CD8 | max. ± 50 mA, $R_L = 100 \Omega$ |
| "CURRENT OUT" | |
| CD9 | Potentiometer für Lastwiderstandser-
gänzung des Stromausgangs |
| R44 "LOAD COMPLEMENT" | |
| CD5 | 4-mm-Apparateklammen des Spannungs-
ausgangs max. ± 1 V, $R_L \geq 10$ k Ω |
| "VOLTAGE OUT" | |
| CD6 | |
| CD7 "  | Gerätemasse |

Die Bedienungselemente sind an der Gerätevorderseite angeordnet.

6. Einschalten SK6 "POWER ON"	Netzschalter
LA1	Kontrollämpchen für Netz- oder Batteriespannung
7. Brückenspeisespannung wählen SK8 "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE"	Drehschalter für Brückenspeisespannung 1V/2V/4V/10V, 5 kHz
8. Vorabgleichen und Messen SK10 "METER/BAL./MEAS./OFF"	Instrumentenschalter für Betriebsartumschaltung Vorabgleichen/Messen/Instrument abgeschaltet
SK2 "C-BALANCE"	23-stufiger Drehschalter für C-Abgleich
R29	5-Gang-Potentiometer
SK1 "R-BALANCE"	23-stufiger Drehschalter für R-Abgleich
R27	10-Gang-Potentiometer
SK4 "SENSITIVITY"	Drehschalter für Messbereich-Umschaltung $\pm 0, 1/0, 2/0, 5/1/2/5/10/20/50/100/200$ mV
9. Kalibrieren SK3 "CAL. 0.8 fsd"	Drucktaste für Kalibrierung (z. B. auf 0,8fachen Instrumenten-Vollausschlag bei $k = 2$ oder k -Faktor nach Sonderskale)
R35 "GAIN ADJ."	10-Gang-Potentiometer zum Kalibrieren der Verstärkung

Nach Entfernen des Gerätedeckblechs sind noch zwei Einstellorgane zugänglich:

10. Phasenkorrekturmöglichkeit für Aufnehmer in Differentialtransformator-Schaltung R5	10-Gang-Potentiometer zur Nachstellung der Schaltphase
11. Frequenzverhalten bei dynamischen Messungen	Umsteckmöglichkeit für
"optimum frequency response"	= optimales Frequenzverhalten
"minimum overshoot"	oder = minimales Überschwingen

C. NETZANSCHLUSS

Das Gerät ist bei Lieferung für den Netzanschluss 220 V geschaltet. Bei Netzbetrieb wird das Gerät mit dem Netzschalter "POWER ON" eingeschaltet. Das weisse Lämpchen dient zur Einschaltkontrolle.

Einstellen auf eine andere Netzspannung:

- Auf der Geräterückseite am Spannungskarussell die Befestigungsschraube der Sicherungslasche a (Bild 3) lösen und Sicherungslasche seitlich verdrehen
- Den runden Spannungswähler herausziehen, dann drehen bis die gewünschte Spannung oben steht und wieder hineindrücken
- Sicherungslasche zurückdrehen und wieder festschrauben

D. BATTERIEANSCHLUSS

Eine Gleichspannungsquelle von 24 V wird an die Buchsen "24 DC SUPPLY" angeschlossen. Auf richtige Polung ist zu achten. Bei falscher Polung verhindert eine eingebaute Schutzdiode eine Beschädigung des Geräts.

Die Buchse CD3 ist als Schaltbuchse ausgeführt; beim Einführen eines Steckers wird die eventuell auch angeschlossene Netzspannung abgeschaltet.

Für Batteriebetrieb ist im Gerät kein Schalter vorgesehen, das Kontrollämpchen leuchtet sofort beim Anschluss der Batteriespannung auf.

E. ANSCHLUSS VON AUFNEHMERN

An die Messbrücke können über die Buchse "TRANSDUCER" Halbbrücken-, Vollbrücken- und Differentialtransformator-Schaltungen angeschlossen werden. Die Brückenglieder können Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten sein, der Scheinwiderstands-Nennwert (Impedanz Z) der Brückenglieder soll gleich sein, damit mit den Vorabgleich-Bedienungselementen ein Nullabgleich möglich ist (vgl. Kapitel II. A. 1. c.).

Beim Anschluss ist darauf zu achten, dass die Last für den Brückenspeisespannungs-Ausgang einen Scheinwiderstand von 50 - 2000 Ω hat. Die entnommene Leistung darf folgende Werte nicht überschreiten:

0,125 VA	bei Speisespannung	1 V
0,25 VA	"	" 2 V
0,5 VA	"	" 4 V und 10 V

Der Kippschalter an der Geräterückseite ist je nach Aufnehmerart auf Voll- oder Halbbrücke zu schalten.

1. Dehnungsmessstreifen-Brückenschaltungen und Aufnehmer, die Dehnungsmessstreifen enthalten

Im Bild 5 sind die konventionellen Anschlussschemen für Brückenschaltungen mit Dehnungsmessstreifen zusammengestellt. Die mit + gekennzeichneten aktiven Streifen sind Dehnungen, die mit - gekennzeichneten aktiven Streifen sind Stauchungen ausgesetzt.

Die mit TK gekennzeichneten neutralen Streifen dienen dem Temperatenausgleich der aktiven Streifen; sie sind so aufzukleben, dass sie der gleichen Temperatur ausgesetzt sind wie die aktiven Streifen. In der linken senkrechten Spalte von Bild 5 sind die zu erwartenden Zeigerausschläge U_M am eingebauten Instrument und die sie verursachenden Längenänderungen $\frac{\Delta L}{L}$ am Messort angegeben. Die Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass der k-Faktor der Streifen gleich ist und zwischen 1,7 - 2,3 liegt, so dass er bei der Kalibrierung mit Hilfe der blauen Sonderskala auf $k = 2$ zurückgeführt werden kann.

Für k-Faktoren <1,7 und >2,3 gilt prinzipiell das gleiche, sie können jedoch nicht direkt, sondern erst nach Umrechnung am Instrument eingestellt werden (siehe Kapitel VI. B. 1).

Zur Wahl der Brückenschaltung gelten folgende Regeln:

- a. Messobjekte, an denen gleichzeitig Dehnung und Stauchung auftritt
(z.B. Ober- und Unterseite einer auf Biegung beanspruchten Platte)
 - Vollbrückenschaltungen mit vier aktiven Streifen (Bilder 5.51, 5.61) bringen die grösstmögliche Messempfindlichkeit bei geringsten Fehlern. Sie sollten immer gewählt werden, wenn am Messobjekt zwei auf Dehnung und zwei auf Stauchung beanspruchte Streifen angebracht werden können. Ausserdem ist generell darauf zu achten, dass die Brückenglieder mit möglichst kurzen Drähten verbunden werden.
 - Können auf einem Messobjekt nur je ein auf Dehnung und ein auf Stauchung beanspruchter Streifen angebracht werden, so wird gegenüber Schaltungen mit vier aktiven Streifen nur die halbe Messempfindlichkeit erreicht (Bilder 5.31, 5.41). Diese Halbbrückenschaltungen werden durch zwei 600- Ω -Widerstände in der Messbrücke zu Wheatstone-Vollbrückenschaltungen ergänzt. Die beiden Brückenspeiseleitungen (1, 6) liegen demzufolge in der Vollbrückenschaltung, der Einfluss ihres Widerstands wird beim Vorabgleich kompensiert. Ändern sich jedoch die Leitungswiderstände z.B. infolge verschiedener Temperatur oder unterschiedlicher Übergangswiderstände von Steckverbindungen während der Messungen ungleich, so täuscht die Widerstandsdifferenz nennenswerte Dehnungen oder Stauchungen vor (bei 600- Ω -Streifen ruft eine Widerstandsdifferenz von 6 m Ω eine scheinbare Längenänderung von 5 μ D hervor). Man sollte bei Halbbrückenschaltungen möglichst nur 600- Ω -Streifen verwenden, da der Fehler umgekehrt proportional zum Streifenwiderstand abnimmt.
 - Sollen bei gleichen Gegebenheiten am Messobjekt die Nachteile der Halbbrückenschaltung vermieden werden, so empfiehlt sich die Ergänzung zur Vollbrücke am Aufnehmerort (Bilder 5.32, 5.42). Als Ergänzungswiderstände können Dehnungsmessstreifen mit gleichen Eigenschaften oder Präzisionswiderstände (z.B. PHILIPS Präzisions-Doppelwiderstand PR 9249A/..) verwendet werden. Die Ergänzungsstreifen werden auf einer dem Messobjekt benachbarten spannungsneutralen Stelle aufgeklebt und mit möglichst kurzen Leitungen mit der Halbbrückenschaltung verbunden. Bei Ergänzung mit Präzisionswiderständen sollen 0,25-W-Widerstände von $600 \Omega \pm 0,5 \%$ (bei 0,125 W Belastung) mit einer Temperaturkoeffizienten-Differenz von maximal $2 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ verwendet werden.
- b. Messobjekte, an denen jeweils nur Dehnung oder Stauchung auftritt
(z.B. Zugbolzen, Druckstempel)
 - Die für diese Fälle grösste Messempfindlichkeit wird mit Vollbrückenschaltungen aus zwei diametral angeordneten aktiven Streifen und zwei Temperaturkompensationsstreifen erreicht (Bilder 5.33, 5.34, 5.43, 5.44).
 - Können auf dem Messobjekt nur ein aktiver Streifen und ein Temperaturkompensationsstreifen angebracht werden, so wird nur noch ein Viertel der Messempfindlichkeit gegenüber Schaltungen mit vier aktiven Streifen erreicht (Bilder 5.11, 5.12, 5.21, 5.22). Wie bereits erwähnt, beeinflussen ungleiche Widerstandsänderungen der Brückenspeiseleitungen während der Messung das Messergebnis. Dieser Einfluss kann durch Ergänzung zur Vollbrückenschaltung am Aufnehmerort vermieden werden (Bilder 5.13, 5.14, 5.23, 5.24).

Die in Bild 5 angegebenen Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass die TK-Streifen an einem spannungsneutralen Ort angebracht werden. Werden TK-Streifen jedoch quer zur Richtung der aktiven Streifen und somit quer zur Spannungsrichtung auf das gleiche Messobjekt geklebt, so sind sie bei Dehnung des Messobjekts auf dessen Querkontraktion empfindlich. Entsprechendes gilt bei Stauchung des Messobjekts. In beiden Fällen addiert sich der entstehende Fehler zur wahren Messgrösse in der Brückenschaltung und muss demzufolge von der angezeigten Messgrösse wieder abgezogen werden:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l'}{l'} - \mu \frac{\Delta l'}{l'}$$

$$\frac{\Delta l}{l} = \text{wahre Längenänderung}$$

$$\frac{\Delta l'}{l'} = \text{angezeigte Längenänderung}$$

$$\mu = \text{Kontraktionskoeffizient (Poisson'sche Konstante)}$$

Die mit der Anbringung und der Fehlerkorrektur verbundenen Schwierigkeiten werden bei Verwendung von temperaturkompensierten Streifen vermieden. In den Brückenschaltungen werden dann anstelle der TK-Streifen die bereits erwähnten Brückenergänzungswiderstände benutzt.

Mit der Messbrücke PR 9307 kann man in Verbindung mit Dehnungsmessstreifen Längenänderungen ab 0,1 μD (ein Skalenteil im 0,1-mV-Bereich bei vier aktiven Streifen und 10 V Speisespannung) messen. Die obere Grenze ist allein durch die Daten der Dehnungsmessstreifen gegeben. Die meisten Dehnungsmessstreifen haben bei 10000 μD einen Linearitätsfehler von 1 %.

Bei der Verwendung von kompletten Aufnehmern wird deren Empfindlichkeit bereits in mV/M Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Grösse angegeben. Sie werden in gleicher Weise angeschlossen wie die Dehnungsmessstreifen (Bild 5).

2. Sonstige ohmsche Brückenschaltungen

Anstelle von Dehnungsmessstreifen kann man auch sonstige ohmsche Widerstände als Brückenglieder verwenden (Schaltungen Bild 5). Innerhalb des zugelassenen Gesamtwiderstands der Brückenschaltung (50 - 2000 Ω) können z. B. in Halbbrückenschaltung sehr kleine Widerstandsänderungen (u. a. Änderungen mit der Zeit oder der Temperatur) im Vergleich zu entsprechenden Normalien gemessen werden. Es ist dann

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad \text{bei Halbbrückenschaltung mit einem aktiven Brückenwiderstand}$$

$$U_M = \text{angezeigte Messspannung}$$

$$U_s = \text{Brückenspeisespannung}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \text{Widerstandsänderungen bezogen auf Nennwert}$$

Bei einem aktiven Brückenwiderstand ergeben sich somit messbare Widerstandsänderungen von

$$\begin{aligned} &0,8 \cdot 10^{-6} \quad (\text{ein Skalenteil im } 0,1\text{-mV-Bereich bei } 10 \text{ V Speisespannung}) \\ &\quad \text{bis} \\ &8 \cdot 10^{-1} \quad (\text{Vollausschlag im } 200\text{-mV-Bereich bei } 1 \text{ V Speisespannung}) \end{aligned}$$

3. Induktive und kapazitive Halbbrückenschaltungen

Der Anschluss eines induktiven Aufnehmers, der aus zwei gleichen Teilinduktivitäten besteht, erfolgt in gleicher Weise wie eine Widerstandshalbbrücke (Bild 5.7). Je nachdem, ob eine oder beide Teilinduktivitäten veränderliche Spannungen liefern, gleichen sie im Prinzip den Halbbrücken mit einem oder zwei aktiven Streifen.

Den induktiven Aufnehmern ist eine Empfindlichkeit in mV Messspannung pro V Speisespannung für 5 kHz zugeordnet, die einer physikalischen Grösse entspricht.

Innerhalb des zugelassenen Scheinwiderstandsbereichs einer Halbbrückenschaltung (50-2000 Ω) können auch sehr kleine Scheinwiderstandsänderungen $\frac{\Delta Z}{Z}$ einer Induktivität oder Kapazität

(z. B. Änderungen mit der Zeit oder der Temperatur) im Vergleich zu entsprechenden Normalien gemessen werden. Es ist dann

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z} \quad \text{bei Halbbrückenschaltung mit einem aktiven Brückenglied}$$

$$U_M = \text{angezeigte Messspannung}$$

$$U_s = \text{Brückenspeisespannung}$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \text{Scheinwiderstandsänderung bezogen auf Nennwert}$$

Bei einem aktiven Brückenglied ergeben sich somit messbare Scheinwiderstandsänderungen von

$$\begin{aligned} &0,8 \cdot 10^{-6} \quad (\text{ein Skalenteil im } 0,1\text{-mV-Bereich bei } 10 \text{ V Speisespannung}) \\ &\quad \text{bis} \\ &8 \cdot 10^{-1} \quad (\text{Vollausschlag im } 200\text{-mV-Bereich bei } 1 \text{ V Speisespannung}) \end{aligned}$$

4. Differentialtransformatoren

Beim Anschluss von Differentialtransformatoren werden die Speisewicklung S' mit dem Brückenspeiseausgang (Buchse CD1, Kontakte 1, 6) und die Brückenglieder S1, S2 mit dem Messeingang (Buchse CD1, Kontakte 3, 4) verbunden (Bild 6). Der Kippschalter an der Geräterückseite ist auf Vollbrücke zu schalten.

Die Empfindlichkeit des Differentialtransformators ist meistens in mV Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Grösse angegeben. Bei Differentialtransformatoren hat die abgegebene Messspannung jedoch nicht die gleiche Phasenlage wie die angelegte Speisespannung. Dies führt zu einer scheinbaren Empfindlichkeitsabnahme der Messbrücke, die durch Änderung der Kalibrierung kompensiert werden kann. Zu diesem Zweck wird am Differentialtransformator die physikalische Nenngrösse simuliert und die Messbrücke extern kalibriert (vgl. Kapitel VI. B. 3.).

Kann bei einem Differentialtransformator die physikalische Nenngrösse nicht simuliert werden, dann ist in der Messbrücke eine Phasenkorrektur vorzunehmen (vgl. Kapitel VI. C.).

F. AUFNEHMERKABEL

Für genaue und störungsfreie Messungen soll das Aufnehmerkabel folgenden Anforderungen genügen:

- Der Widerstand der Adern soll möglichst klein sein
- Die Messadern müssen gut abgeschirmt sein, die Ableitkapazitäten zwischen Adern und Abschirmungen sollen möglichst gleich und klein sein.
- Die Adern sollen miteinander verdreht sein
- Das Dielektrikum soll einen möglichst hohen, konstanten Isolationswiderstand haben
- Das Kabel soll einen möglichst kleinen Verlustfaktor $\tan \delta$ haben
- Die Abschirmung des Kabels muss isoliert sein

Das Aufnehmerkabel PT 2233 erfüllt diese speziellen Forderungen. Es ist flexibel und auch für feste Verlegung geeignet. Es besteht aus

- 2 einzeln geschirmten Messadern
- 2 ungeschirmten Speiseadern
- und einer isolierten Gesamtschirmung (Bild 7)

G. ERDUNG

Wenn am Aufnehmerort oder entlang des Aufnehmerkabels zwischen Aufnehmer und Messbrücke mit hohen Störspannungsfeldern zu rechnen ist (Starkstrommaschinen oder Starkstromleitungen), dann müssen vor allen Dingen bei langen Aufnehmerkabeln bezüglich Erdung die folgenden Hinweise beachtet werden.

- Die Messkette vom Aufnehmer bis zur Messbrücke ist eindeutig zu erden, Doppel- bzw. Mehrfacherdungen sind in jedem Fall zu vermeiden.
- Die Brückenglieder müssen gut isoliert sein
- Jede Form von Feuchtigkeit ist an der Messstelle zu vermeiden

Ist die Messbrücke PR 9307 über das Netzanschlusskabel mit einer Schutzkontakt-Steckdose verbunden, so ist auch die Abschirmung des Aufnehmerkabels über Kontakt 5 der Buchse CD1 an den Schutzleiter der Netzversorgung angeschlossen (Bild 1).

Oft ist auch am Aufnehmerort mit grösseren Störspannungen und Störfeldern zu rechnen. Der Aufnehmer sollte deshalb nach Möglichkeit ebenfalls abgeschirmt und die Aufnehmerabschirmung mit der Abschirmung des Aufnehmerkabels verbunden werden. Da die Messbrücke über den Schutzleiter der Netzversorgung bereits geerdet ist, muss die Aufnehmerabschirmung gegenüber benachbarten Metallteilen sehr gut isoliert sein.

Wenn aus betriebstechnischen Gründen eine gute Isolierung der Aufnehmerabschirmung gegenüber den benachbarten Metallteilen nicht gewährleistet ist, so empfiehlt es sich, die Aufnehmerabschirmung am Aufnehmerort zu erden und die Verbindung zwischen Aufnehmer- und Kabelabschirmung aufzutrennen.

Bei Batteriebetrieb kann das ganze Abschirmsystem aufnehmerseitig geerdet werden (Bild 8).

H. MESSUNG AN MEHREREN MESSSTELLEN

Es gibt zwei Möglichkeiten, an zwei oder mehreren Messstellen zu messen:

1. Man verwendet für jede Messstelle eine Messbrücke, um gleichzeitig und ununterbrochen messen zu können (schnell verlaufende Vorgänge).
2. Man schaltet die Messstellen nacheinander über eine Umschalteneinheit an die Messbrücke.

Im ersten Fall ist es zweckmässig, den Oszillator einer Messbrücke PR 9307 als Steueroszillator zu verwenden (SK9 in Stellung "INT.") und mit der Trägerspannung dieser Messbrücke die anderen Messbrücken PR 9307 zu steuern (SK9 in Stellung "EXT."). Alle BNC-Buchsen CD10 werden mit Hilfe von T-Kupplungsstücken parallel geschaltet.

Im zweiten Fall ist zur Vermeidung von Fehlmessungen folgendes zu beachten:

- Bei Umschalteneinheiten mit langen Messzeiten bleiben alle Messstellen dauernd mit der Brückenspeisespannung oder einer Vorheizspannung mit gleichem Effektivwert verbunden. Mit der Brückenspeisespannung aus der Messbrücke PR 9307 können folgende Halb- oder Vollbrückenschaltungen gleichzeitig gespeist werden:

Dehnungsmessstreifen von 600 Ω	3 Voll- oder 6 Halbbrücken bei 10 V Speisespannung
	18 Voll- oder 37 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
Dehnungsmessstreifen von 300 Ω	1 Voll- oder 3 Halbbrücken bei 10 V Speisespannung
	9 Voll- oder 18 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
	18 Voll- oder 37 Halbbrücken bei 2 V Speisespannung
Dehnungsmessstreifen von 120 Ω	1 Halbbrücke bei 10 V Speisespannung
	3 Voll- oder 7 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
	7 Voll- oder 15 Halbbrücken bei 2 V Speisespannung

- Bei Umschalteneinheiten mit kurzen Messzeiten (in der Grössenordnung von 100 ms und kleiner) kann die Vorheizung entfallen. Die Speisespannung wird ebenso wie die Messspannung umgeschaltet.

- Für jede Messstelle ist eine Abgleicheinheit erforderlich, mit der die Brückenschaltung vorabgeglichen werden kann.

J. ANSCHLUSS VON MESS- UND REGISTRIERGERÄTEN

Für den Anschluss externer Mess- und Registriergeräte stehen ein Spannungsausgang mit ± 1 V bei einem Lastwiderstand von ≥ 10 k Ω und ein Stromausgang mit ± 50 mA bei einem Lastwiderstand von 100 Ω zur Verfügung.

An den Spannungsausgang (VOLTAGE OUT, Buchsen CD5, CD6) kann für statische Messungen ein genaueres Instrument (eingebautes Instrument Klasse 0,5), z.B. ein Digitalvoltmeter PT 1316 oder PM 2433, oder für statische und dynamische Messungen ein Oszillograf angeschlossen werden.

Der Stromausgang (CURRENT OUT, Buchsen CD8, CD9) ist für statische und dynamische Messungen mit Schleifenzillografen vorgesehen. Für die Einhaltung der Frequenzgangtoleranz von ± 1 % von 0...1 kHz ist es notwendig, den Stromausgang mit $R_L = 100$ Ω abzuschließen. In die Messbrücke PR 9307 ist ein einstellbarer Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT", R44, 0 - 100 Ω) eingebaut (Bild 1). Der Lastwiderstand, der aus einem Schleifenschwinger allein oder aus einem über ein Anpassungsnetzwerk angeschlossenen Schleifenschwinger besteht, darf dementsprechend maximal 100 Ω betragen. Die Berechnung des eventuell erforderlichen Anpassungsnetzwerks ist in den Gebrauchsanleitungen für Schleifenschwinger beschrieben. Dabei kann ein Innenwiderstand des Stromausgangs von 5 Ω zugrunde gelegt werden.

Für die Einstellung des Ergänzungswiderstands "LOAD COMPLEMENT" ist ein Milliampere-meter erforderlich, an dem 40 mA mit einem Fehler von ≤ 2 % abgelesen werden kann; der Innenwiderstand soll $< 0,5$ Ω sein, damit der dadurch entstehende Fehler vernachlässigt werden kann. Die Einstellung des Ergänzungswiderstands geschieht dann in folgender Weise:

- Schleifenschwinger (gegebenenfalls Schleifenschwinger mit Anpassungsnetzwerk) über das in Serie geschaltete Milliampere-meter an den Stromausgang der Messbrücke anschließen.
- Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT") nach Skale grob auf den errechneten Differenzwert einstellen.
- Messbrücke und Schleifenzillografen einschalten
- Nach Abwarten der Einlaufzeit von 30 Minuten Kalibriertaste ("CAL. 0.8 fsd", SK3) drücken (ggf. interne Kalibrierung korrigieren) und mit Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT") Zeigerausschlag auf 40 mA (0,8fache Vollaussteuerung) einstellen.
- Milliampere-meter aus der Schaltung entfernen

VI. A B G L E I C H

Um die Genauigkeit der Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 voll ausnutzen zu können, empfiehlt es sich, die Messanordnung erst nach einer Einlaufzeit von 30 Minuten abzugleichen.

A. VORABGLEICH

- Schalter "SENSITIVITY" auf "200 mV" einstellen
- Brückenspeisespannung mit Schalter "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE" wählen. Dabei zulässige Belastung der Brückenspeisespannung (Kapitel II.A.2.b) und maximal zulässigen Speisestrom für den Aufnehmer beachten.

Beispiel 1: Eine 120- Ω -Halbbrücke soll mit 4 V gespeist werden.

$$R_L = 240 \Omega$$

R_L = Lastwiderstand für Speisespannung U_s , 50 Ω - 2000 Ω zulässig

Für die Belastung der Brückenspeisung gilt:

$$P = \frac{U_s^2}{R_L} = \frac{16}{240} = 0,0666 \text{ VA} < 0,5 \text{ VA}$$

P = Belastung, max. 0,5 VA zulässig

Der durch die Halbbrücke fließende Strom beträgt

$$I_s = \frac{U_s}{R_L} = \frac{4}{240} = 16,6 \text{ mA}$$

Für die meisten 120- Ω -Streifen werden 20 mA zugelassen

- Stecker des Aufnehmerkabels mit Buchse "TRANSDUCER" (CD1) verbinden
- Schalter "METER" in Stellung "BAL."
- Schalter "SENSITIVITY" im Uhrzeigersinn verstellen, bis annähernd Vollausschlag am Instrument erreicht ist
- Schalter "R-BALANCE" (SK1) und "C-BALANCE" (SK2) abwechselnd betätigen, bis Zeigerausschlag möglichst klein ist
- Potentiometer "R-BALANCE" (R27) und "C-BALANCE" (R29) ebenfalls abwechselnd betätigen, bis Zeigerausschlag möglichst klein ist
- Schalter "SENSITIVITY" auf empfindlichsten Messbereich stellen (0,1 mV) und abwechselnden Abgleich mit den Stellgliedern "R-BALANCE" und "C-BALANCE" so lange wiederholen, bis Zeigerausschlag Null erreicht ist
- Schalter "METER" in Stellung "MEAS." schalten
- Mit Potentiometer "R-BALANCE" (R27) nochmals genau auf Null abgleichen (bei nachgeschaltetem Mess- oder Registriergerät auf dessen Nullpunkt)

B. KALIBRIERUNG

Die Messbrücke ist bei Lieferung kalibriert. Es gelten die in Tabelle 1 zusammengestellten Messbereiche in Abhängigkeit von der Stellung des Schalters "SENSITIVITY", der Brückenspeisespannung und der Zahl der aktiven Brückenelemente.

Kontrolle der Kalibrierung:

- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Drucktaste "CAL. 0.8 fsd" drücken, der Zeigerausschlag soll 0,8fachen Vollausschlag betragen
- Mit dem Potentiometer "GAIN ADJ." kann ggf. die Kalibrierung korrigiert werden

Beim Drücken der Taste "CAL. 0.8 fsd" steht statt der Messspannung eine intern aus der Brückenspeisespannung durch Teilung abgeleitete Kalibrierspannung am Verstärkereingang. Deshalb wird die Toleranz der Brückenspeisespannung durch Kalibrieren eliminiert. Ausserdem ist die Kalibrierung unabhängig vom Anschluss eines Aufnehmers möglich. Es kann auch während einer Messung durch Drücken der Taste "CAL. 0.8 fsd" jederzeit die Kalibrierung

kontrolliert werden; die Stellung des Schalters "SENSITIVITY" hat dabei keinen Einfluss.

Für Messungen mit extern angeschlossenen genauen Mess- und Registriergeräten, z. B. Digitalvoltmeter, ist mit Hilfe des externen Geräts die Kalibrierung (0,8fache Vollausssteuerung) zu korrigieren.

1. Änderung der Kalibrierung für Dehnungsmessstreifen

Wird mit Hilfe der blauen Sonderskala des Instruments zwischen 1,7 und 2,3 auf den für die Dehnungsmessstreifen angegebenen k-Faktor kalibriert, dann bleiben die in der Tabelle 1 genannten Messbereiche für $\frac{\Delta 1}{1}$ enthalten.

Für k-Faktoren <1,7 und >2,3 bleiben die genannten Messbereiche ebenfalls erhalten, wenn man nach Drücken der Taste "CAL. 0,8. fsd" auf den errechneten Zeigerausschlag von

$$d = \frac{1,6}{k} \text{ kalibriert}$$

Beispiel 2: Der k-Faktor betrage 2,6. Es ergibt sich

$$d = \frac{1,6}{2,6} = 0,615\text{fache Vollausssteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung}$$

Es kann sich jedoch auch als wünschenswert erweisen, auf andere Messbereiche zu kalibrieren, als in Tabelle 1 angegeben. Infolge des grossen Variationsbereichs des Potentiometers "GAIN ADJ." (0,32 - 0,96fache Vollausssteuerung) und der 1/2/5-Teilung des Schalters "SENSITIVITY" ist jede Messgrösse als Messbereichsendwert kalibrierbar.

Die Bezugsmarke für die Kalibrierung ist

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert}} \times \text{bisherige Kalibriermarke}$$

$$(d = 0,32 - 0,96 \text{ möglich})$$

Beispiel 3: Die Messbereichsendwerte für vier aktive Dehnungsmessstreifen bei 4 V Speisespannung

$$12,5/25/62,5/125/\dots \text{bis } 6.250 \mu D \text{ nach Tabelle 1}$$

sollen umkalibriert werden auf

$$20/40/100/200/\dots \text{bis } 10.000 \mu D$$

$$d = \frac{12,5 \mu D}{20 \mu D} \cdot 0,8 \text{ (für Streifen mit } k = 2)$$

$$d = 0,5\text{fache Vollausssteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung}$$

Eine Umkalibrierung auf 10/20/50/100/... bis 5.000 μD ist nicht möglich, da

$$d = \frac{12,5 \mu D}{10 \mu D} \cdot 0,8 = 1,0 \text{ ausserhalb des Variationsbereiches liegt}$$

und kein empfindlicherer Messbereich für 4 V Speisespannung mehr vorhanden ist.

Beispiel 4: Die Umkalibrierung nach Beispiel 3 soll für Dehnungsmessstreifen mit $k = 2,6$ durchgeführt werden. (Bisherige Kalibriermarke 0,615 nach Beispiel 2)

$$d = \frac{12,5 \mu D}{10 \mu D} \cdot 0,615 = 0,77 \text{fache Vollausssteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung}$$

In diesem Fall ergeben sich die neuen Messbereiche 10/20/50/100/... bis 5.000 μD .

Nach diesem Verfahren kann auch eine bestimmte Dehnung oder Stauchung (z.B. 93 μD) der Vollausssteuerung zugeordnet und kleinere Längenänderungen als Prozente der Vollausssteuerung am Instrument auf der 100 er-Skala direkt abgelesen werden.

2. Kalibrierung für komplette Aufnehmer und sonstige Brückenschaltungen

Für komplette Aufnehmer wird allgemein deren Empfindlichkeit in mV Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Messgrösse angegeben.

Bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollausssteuerung gelten die am Schalter "SENSITIVITY" angegebenen Messbereiche. Soll jedoch auf die physikalische Messgrösse umkalibriert werden, so gilt

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert (mV)}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert (mV)}} \times 0,8$$

Beispiel 5: Ein Beschleunigungsaufnehmer gibt bei ± 100 g eine Messspannung von ± 4 mV/V ab. Bei einer Brückenspeisespannung von 10 V beträgt die tatsächlich abgegebene Messspannung ± 40 mV. Um eine Kalibrierung von 100 g gleich Vollausssteuerung im 20-mV-Bereich zu erhalten, muss

$$d = \frac{20 \text{ mV}}{40 \text{ mV}} \cdot 0,8 = 0,4 \text{fache Vollausssteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung eingestellt werden.}$$

Soll für sonstige Brückenschaltungen mit den Gliedern R bzw. Z auf andere Messbereichsendwerte - als in Tabelle 1 angegeben - umkalibriert werden, so ist analog

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert}} \times 0,8$$

3. Externe Kalibrierung

Für Aufnehmer, bei denen die physikalische Nenngrösse leicht aufzubringen ist (z.B. Wegaufnehmer), kann ohne Verwendung der internen Kalibrierspannung die Messbrücke PR 9307 direkt in Einheiten der physikalischen Grösse kalibriert werden. Nach dem Vorabgleich ist wie folgt zu verfahren:

- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Schalter "SENSITIVITY" auf 200 mV stellen
- Physikalische Nenngrösse am Aufnehmer einstellen
- Schalter "SENSITIVITY" im Uhrzeigersinn verstellen, bis annähernd Vollausschlag erreicht ist
- Mit dem Potentiometer "GAIN ADJ." Zeigerausschlag auf gewünschte Skalenmarke stellen. Ist die gewünschte Skalenmarke oberhalb des Variationsbereichs von "GAIN ADJ.", so ist die Kalibrierung im nächstkleineren Messbereich vorzunehmen.

C. PHASENKORREKTUR

Beim Anschluss von Aufnehmern in Differentialtransformator-Schaltung kann infolge falscher Phasenlage der Messspannung eine Phasenkorrektur notwendig werden, wenn die physikalische Nenngrösse am Aufnehmer nicht eingestellt werden kann (vgl. Kapitel V. E. 4.):

- Schraube b am Deckblech des Geräts (Bild 3) um 90° verdrehen, danach Deckblech nach hinten oben abziehen
- Mit angeschlossenem Differentialtransformator Vorabgleich (Kapitel VI. A.) durchführen
- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Differentialtransformator so verstimmen, so dass am eingebauten Instrument der Messbrücke ein Zeigerausschlag im oberen Drittel der Skale verursacht wird
- Mit dem Potentiometer R5 (Bild 4) für die Phasenkorrektur Zeigerausschlag auf Maximum abgleichen
- Deckblech des Geräts wieder in die vordere Führung einschieben. Schraube b rastet bei leichtem Druck gegen das Deckblech selbsttätig wieder ein.

Wenn anstelle von Differentialtransformatoren wieder andere Brückenschaltungen angeschlossen werden sollen, dann ist die ursprüngliche Phaseinstellung wieder herzustellen. Dazu wird zweckmässigerweise eine Brückenschaltung oder ein Aufnehmer mit ohmschen Brückengliedern über ein Aufnehmerkabel von etwa 1 - 2 m angeschlossen und mit diesem das beschriebene Phasenkorrektur-Verfahren wiederholt. Die Verstimmung kann in diesem Fall durch Aufbringen einer physikalischen Grösse oder durch Weiterschalten des Drehschalters "R-BALANCE" um eine Schaltstellung bewirkt werden.

VII. MESSUNGEN UND AUSWERTUNG

Mit der Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 steht ein Gerät zur Verfügung, mit dem sehr genaue Messungen auch über lange Zeiten möglich sind. Die in den Technischen Daten (Kapitel II. A.) garantierten Fehlergrenzen können jedoch für Sonderfälle noch weiter reduziert werden, wenn man folgendes beachtet:

- Die Fehler infolge Langzeitdrift und Temperaturabhängigkeit des Nullpunkts können durch erneuten Vorabgleich eliminiert werden.
- Die Fehler infolge Langzeitdrift und Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals sowie Temperaturabhängigkeit des eingebauten Instruments können durch erneutes Kalibrieren eliminiert werden.
- Nach Umschalten der Brückenspeisespannung soll die Kalibrierung kontrolliert werden

Ausserdem gilt allgemein:

- Bei der Durchführung von Messungen sollte man stets darauf achten, dass der Messbereich gewählt wird, in dem die grösste Aussteuerung zu erwarten ist, ohne dass die Messbrücke übersteuert wird (alle Fehlergrenzen der Messbrücke sind auf Messbereichsendwert bezogen).
- Beim Anschluss von Halbbrückenschaltungen soll von Zeit zu Zeit der Vorabgleich kontrolliert werden.

A. NICHTLINEARITÄT EINIGER BRÜCKENSCHALTUNGEN

Einige Brückenschaltungen (Bilder 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24, 5.33, 5.34, 5.43, 5.44) haben ein geringes nichtlineares Verhalten. Für sie gilt allgemein:

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z + 2 \Delta Z} \quad \text{bei einem aktiven Brückenglied } Z$$

(Bilder 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24)

$$U_M = \frac{U_s}{2} \cdot \frac{\Delta Z}{Z + 2 \Delta Z} \quad \text{bei zwei aktiven Brückengliedern } Z$$

(Bilder 5.33, 5.34, 5.43, 5.44)

Die Nichtlinearität kann man durch einfache Korrekturrechnung eliminieren:

$$U_M = U'_M \left(1 + \frac{\Delta Z}{2Z}\right) \quad \text{für Schaltungen mit Brückengliedern } Z + \Delta Z$$

(Bildern 5.11, 5.13, 5.21, 5.23, 5.33, 5.44)

$$U_M = U'_M \left(1 - \frac{\Delta Z}{2Z}\right) \quad \text{für Schaltungen mit Brückengliedern } Z - \Delta Z$$

(Bilder 5.12, 5.14, 5.22, 5.24, 5.34, 5.43)

U_M = korrigierte Messspannung

U'_M = abgelesene Messspannung

bzw. für Dehnungsmessstreifen

$$U_M = U'_M \left(1 \pm \frac{\Delta l}{l}\right)$$

Die Nichtlinearität kann bei kleinen $\frac{\Delta Z}{Z}$ vernachlässigt werden, sie beträgt z. B. bei Dehnungen von 1 ‰ (1000 μD) genau -1 ‰ von diesem Wert, bei Dehnungen von 1 % (10000 μD) genau -1 % von diesem Wert.

B. EMPFINDLICHKEITSVERLUST BEI LANGEN AUFNEHMERKABELN

Ist die Messstelle mit der Messbrücke durch ein längeres Aufnehmerkabel verbunden, so sind bei der Auswertung der Messergebnisse gewisse Kabeleinflüsse zu berücksichtigen, die zu einer scheinbaren Empfindlichkeitsabnahme der Messbrücke führen (Bild 9). Generell kommt ein Empfindlichkeitsverlust einerseits durch eine Abnahme der Brückenspeisespannung infolge des ohmschen Widerstandes der Speiseleitungen zustande, andererseits durch eine Phasendrehung in der Leitung.

Bei Verwendung des speziellen Aufnehmerkabels PT 2233 (Kapitel V. F., Bilder 7 und 10) sind die Empfindlichkeitsverluste gering:

- Für alle Brückenschaltungen treten für Kabellängen bis 50 m nur Verluste infolge des ohmschen Widerstandes der Speiseleitungen (je Ader 33 m Ω /m) auf. Dies sind

etwa 0,2 % bei 600- Ω -Halbbrücke	
etwa 0,6 % bei 600- Ω -Vollbrücke	
etwa 0,8 % bei 120- Ω -Halbbrücke	für 50 m
etwa 2,7 % bei 120- Ω -Vollbrücke	

- Für Kabellängen bis 100 m entstehen mit der 600- Ω -Halbbrückenschaltung die kleinsten Verluste, bei 200 m sind die Verluste von 120- Ω -Halbbrückenschaltung, 600- Ω -Halbbrückenschaltung und 600- Ω -Vollbrückenschaltung etwa gleich und ab 300 m ist nur noch die 120- Ω -Halbbrückenschaltung zu empfehlen.

Generell gilt ausserdem:

- Für 120- Ω -Halbbrücke und 120- Ω -Vollbrücke treten im wesentlichen nur ohmsche Verluste auf, die kapazitiven Verluste sind klein.

Bei einem Kabel gleicher Sorte können infolge von Fertigungstoleranzen unterschiedliche Verluste auftreten. Es empfiehlt sich deshalb, bei der Verwendung von Kabellängen >30 m eine externe Kalibrierung mit der physikalischen Nenngrösse (Kapitel VI. 8. 3.) durchzuführen. Ist dies nicht möglich, so kann eine definierte Kalibrierspannung am Aufnehmer auch durch Zuschalten eines bekannten Widerstands parallel zu einem aktiven Brückenglied erzeugt werden.

C. DYNAMISCHE MESSUNGEN

Bei Messungen, bei denen sich die Messgrösse zeitlich schnell verändert, kann das eingebaute Instrument zur Ablesung nicht mehr verwendet werden. In diesem Fall ist der Instrumentenschalter "METER" in die Stellung "OFF" zu schalten und ein externes Mess- oder Registriergerät anzuschliessen (Kapitel V. J.).

Bezüglich des Frequenzverhaltens der Messbrücke bei dynamischen Messungen kann man zwischen zwei Einstellungen wählen:

- Optimales Frequenzverhalten ("optimum frequency response") oder
- Minimales Überspringen ("minimum overshoot")

(siehe auch Technische Daten, Kapitel II. A. 10 und Bilder 10-12).

Das Gerät ist bei Auslieferung auf "optimales Frequenzverhalten" geschaltet. Soll es auf "minimales Überspringen" geschaltet werden, so ist eine Steckverbindung im Innern des Geräts umzustecken:

- Schraube b im Deckblech des Geräts (Bild 3) um 90° verdrehen, danach Deckblech nach hinten oben abziehen
- Steckverbindung umstecken (Bild 4)
- Deckblech des Geräts wieder in die vordere Führung einschieben. Schraube b rastet bei leichtem Druck gegen das Deckblech selbsttätig wieder ein.

VIII. W A R T U N G

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 bedarf keiner Wartung. Das gilt auch für die Schalter, da für die Kontakte hochwertige Werkstoffe verwendet werden.

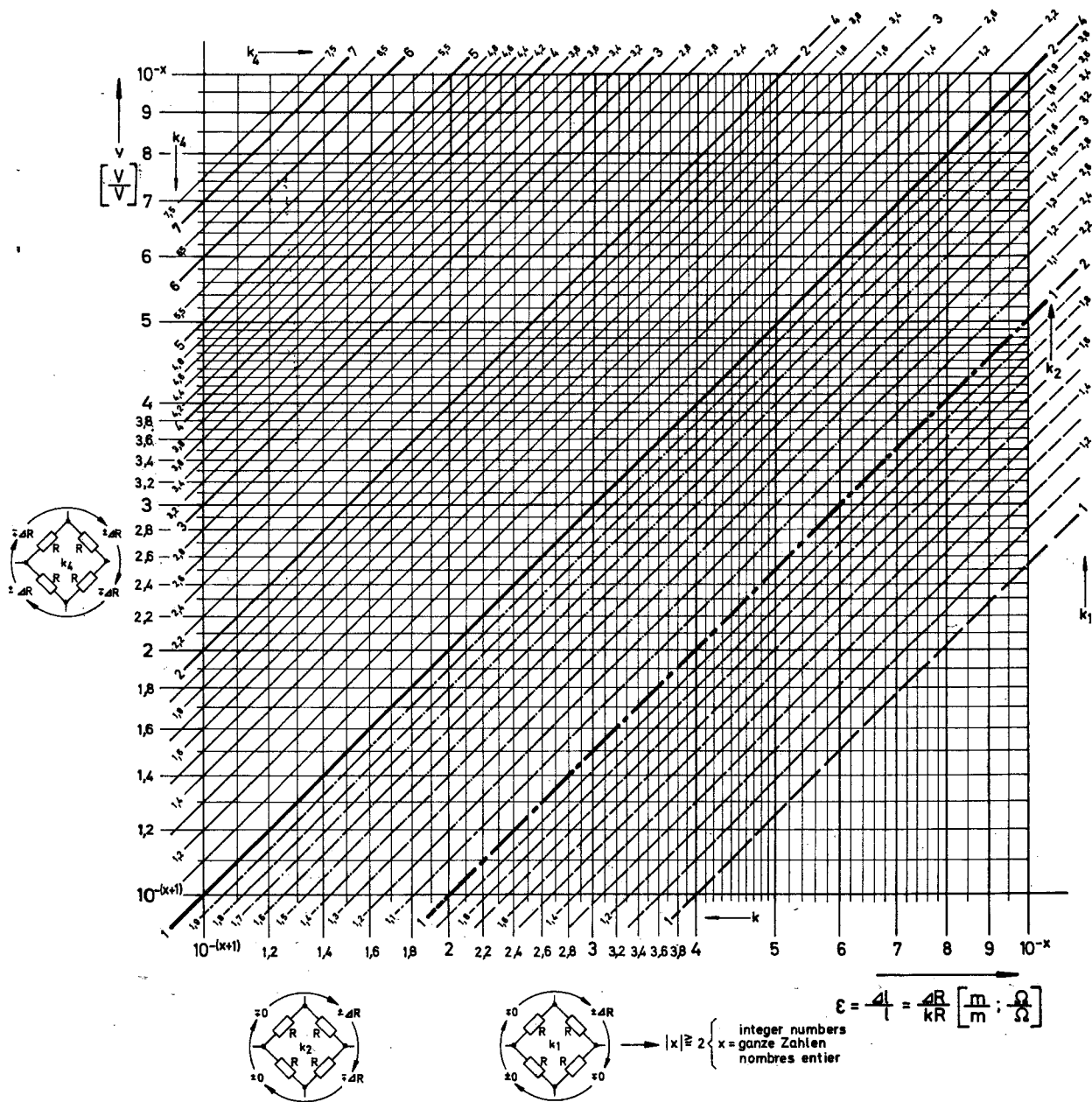
Das Gerät ist für Netzbetrieb durch eine am Netztransformator angebrachte Thermosicherung geschützt, die bei unzulässiger Erwärmung durchschmilzt. Das Netzteil ist gegen einen im Fehlerfall möglicherweise auftretenden Kurzschluss der 18-V-Betriebsspannung durch eine Feinsicherung (315 mA flink) geschützt auf der Steckkarte der Power Supply. Beide Sicherungen dürfen nur nach Beseitigung der Fehlerursache ersetzt werden.

Das Kontrollämpchen LA1 (24 V/50 mA) ist überdimensioniert, so dass mit einer sehr hohen Lebensdauer gerechnet werden kann.

Im Falle von Störungen kann die PHILIPS-Service-Organisation in Anspruch genommen werden.

Beim Versand eines Geräts an eine PHILIPS-Werkstatt sollen folgende Punkte beachtet werden:

- Anhängenzettel mit Namen und Adresse des Absenders am Gerät befestigen
- festgestellte Fehler möglichst vollständig auf dem Anhängenzettel angeben
- Gerät sorgfältig in die Originalverpackung oder - wenn nicht mehr vorhanden - in eine Holzkiste verpacken
- Gerät direkt an die zuständige PHILIPS-Werkstatt senden, die von der örtlichen Organisation angegeben wurde



Annex 1 Influence of k-factor
 Einfluss des k-Faktors
 Influence du facteur-k

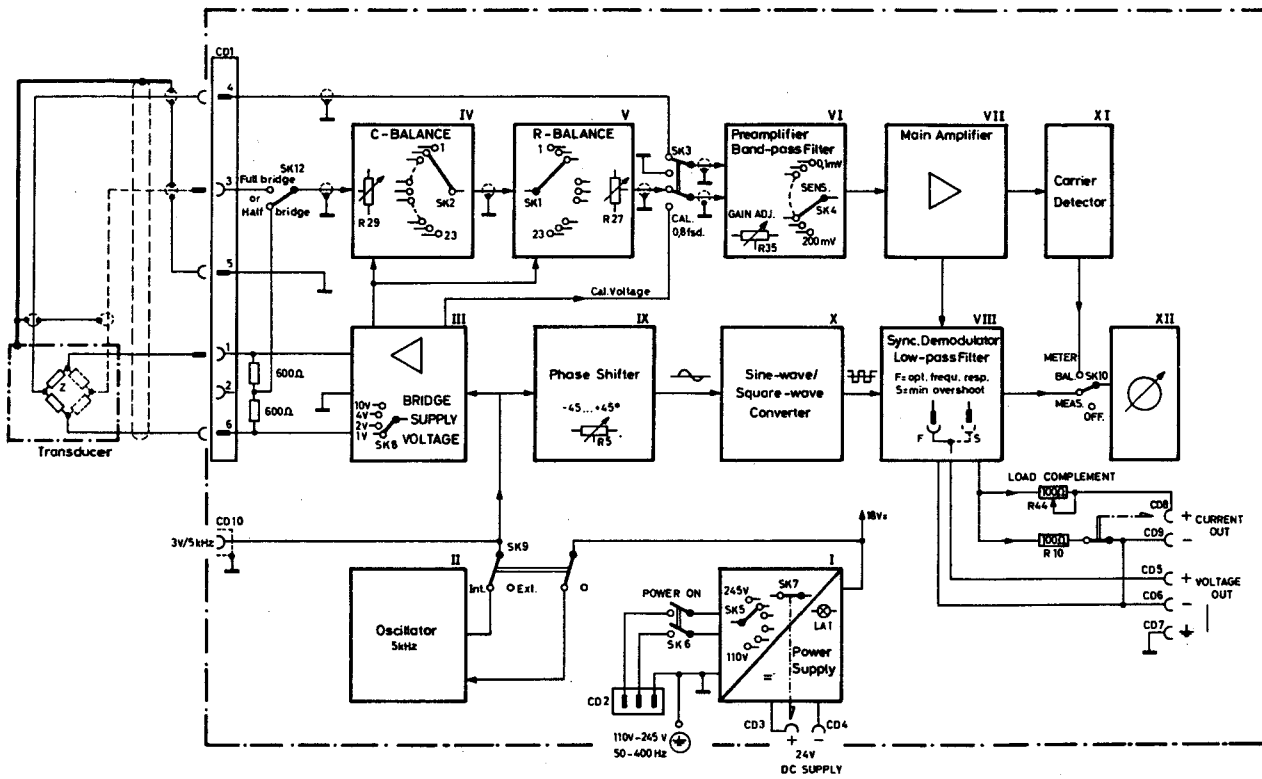


fig. 1 Block diagram
Blockschaltbild
Schéma synoptique

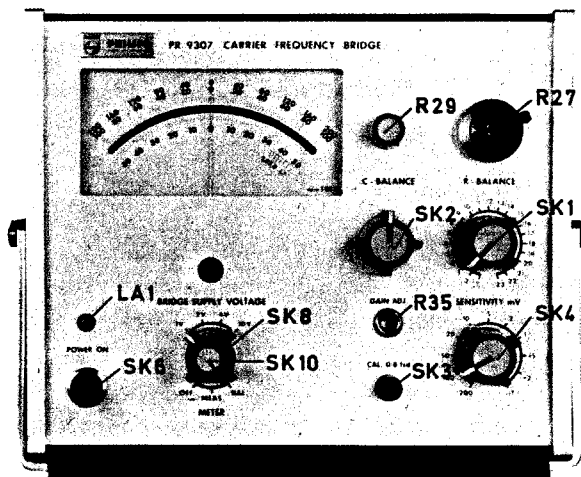


fig. 2 Front view with indication of controls
Frontansicht mit gekennzeichneten Bedienelementen
Vue avant organes de commande marqués

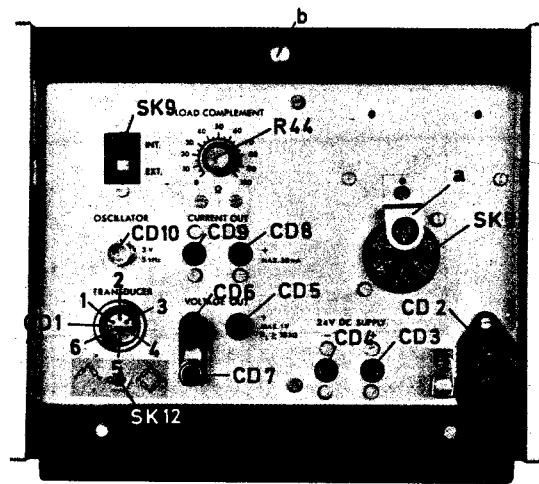


fig. 3 Rear view with indication of controls, terminals and sockets
 Rückansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen und Anschlüssen
 Vue arrière avec organes de commande marqués et raccords

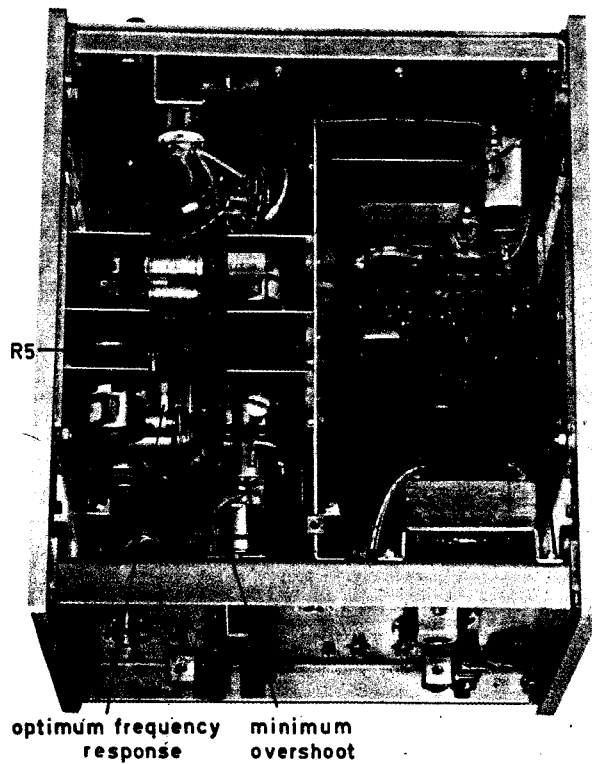


fig. 4 Top view (cover removed)
 Draufsicht (Deckblech entfernt)
 Vue de dessus (couvercle enlevé)

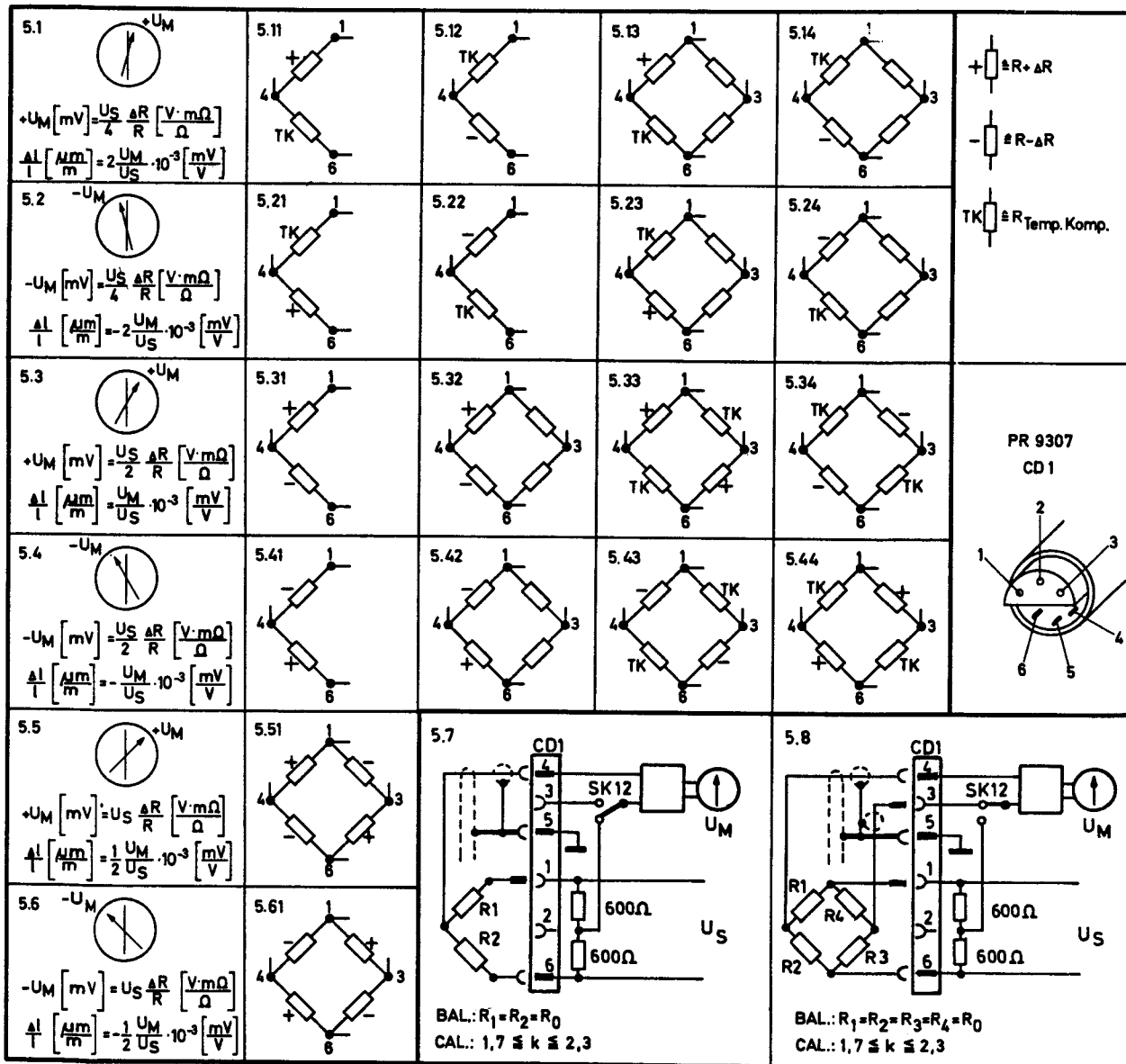
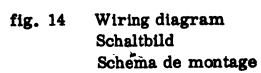


fig. 5 Bridge arrangements with strain gauges; connection diagrams and indication of the built-in measuring instrument ($k = 1,7 - 2,3$)

Brückenschaltungen mit Dehnmessstreifen; Anschlussschemen und Abhängigkeit der Anzeige des eingebauten Instruments ($k = 1,7 - 2,3$)

Montages en pont avec jauges de contrainte; Schémas de connexion et dépendance de l'indication de l'instrument incorporé ($k = 1,7 - 2,3$)



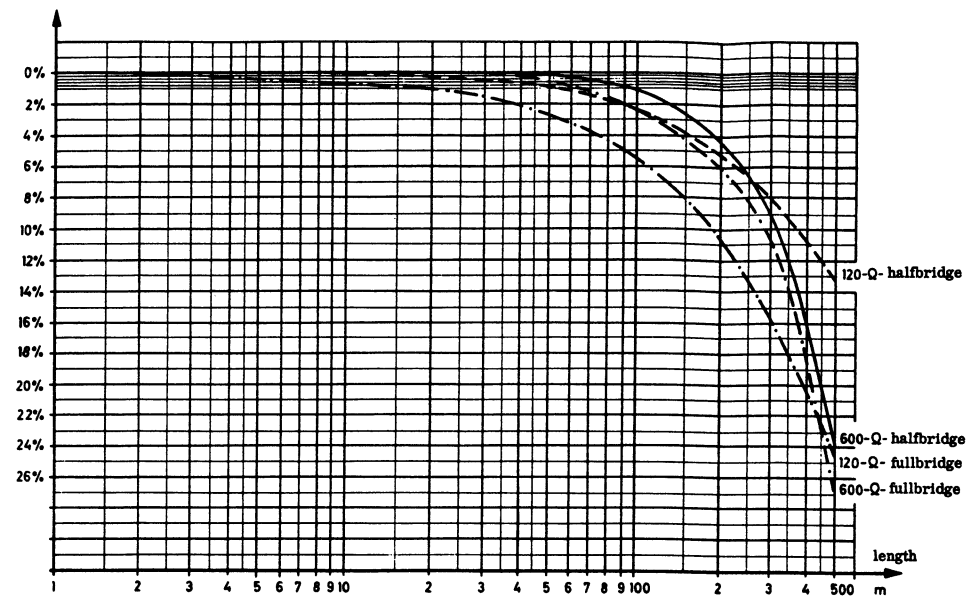


fig. 9 Sensitivity loss in the case of long transducer cable PT 2233
Empfindlichkeitsverlust bei langem Aufnehmerkabel PT 2233
Perte de sensibilité du long câble de capteur PT 2233

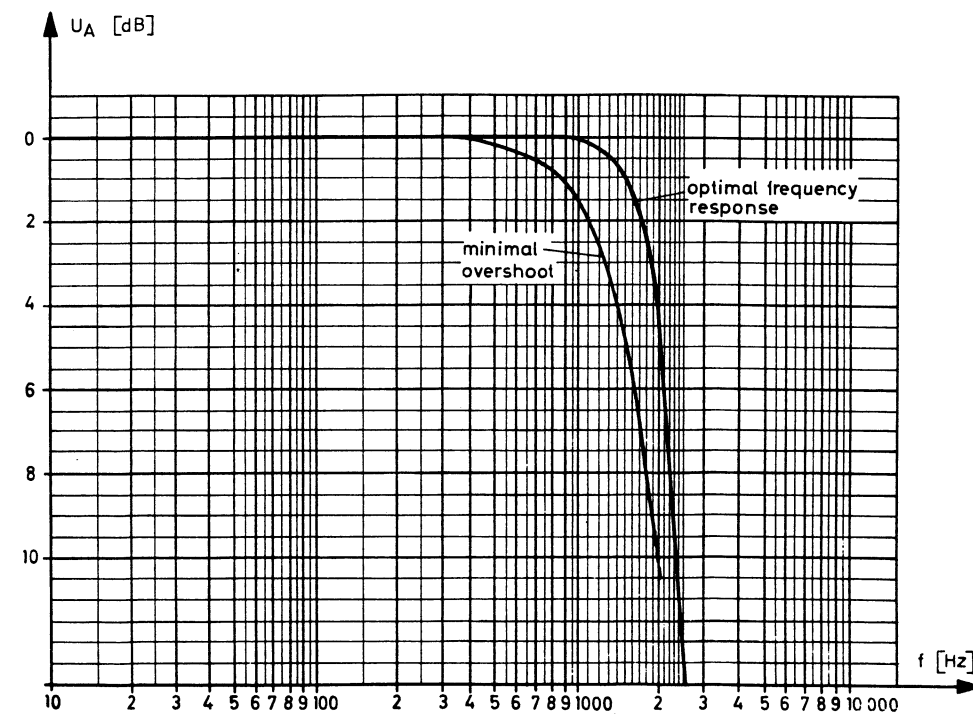


fig. 10 Frequency response of the measuring bridge
Frequenzverhalten der Messbrücke
Courbe de réponse du pont de mesure

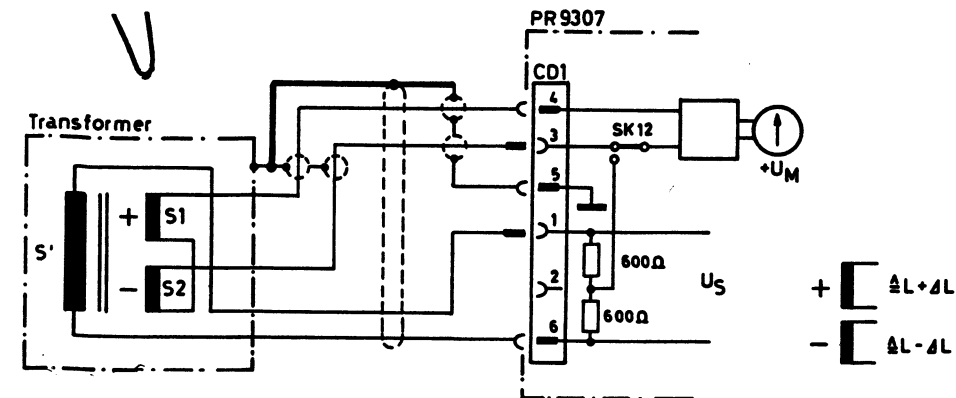


fig. 6 Connection diagram for differential transformer
Anschlussschema für Differentialtransformator
Schéma de connexion du transformateur différentiel

- 1 = green
3 = yellow
4 = red
5 = screen for red and yellow leads
6 = blue

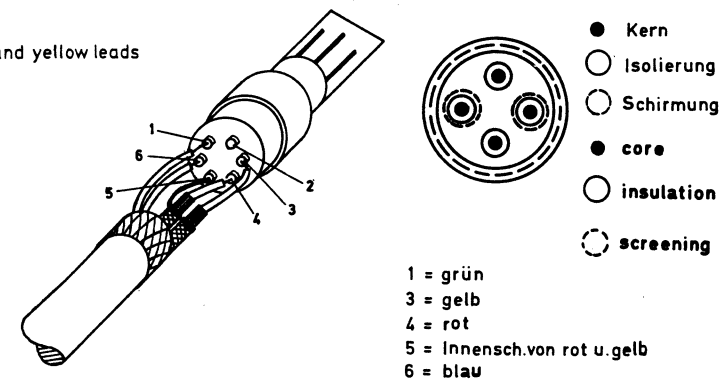


fig. 7 Transducer cable PT 2233
Aufbau des Aufnehmerkabels PT 2233
Structure du câble de capteur PT 2233

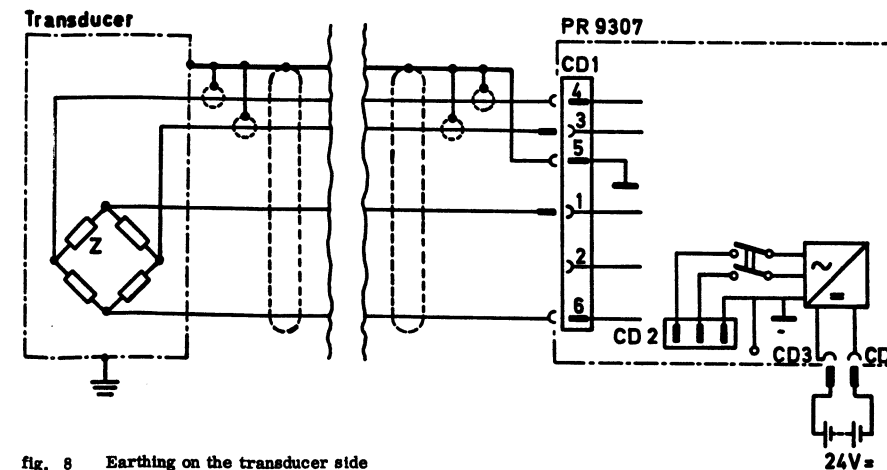


fig. 8 Earthing on the transducer side
Aufnehmersseitige Erdung
Mise à la masse du côté capteur

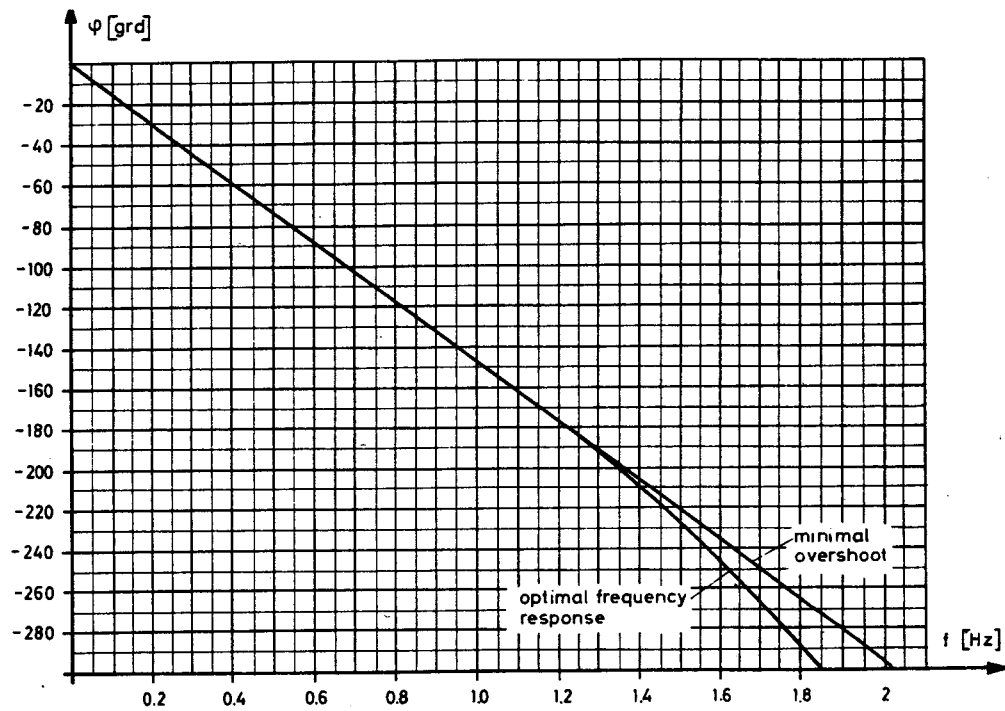


fig. 11 Phase response of the measuring bridge
 Phasengang der Messbrücke
 Réglage de phase du pont de mesure

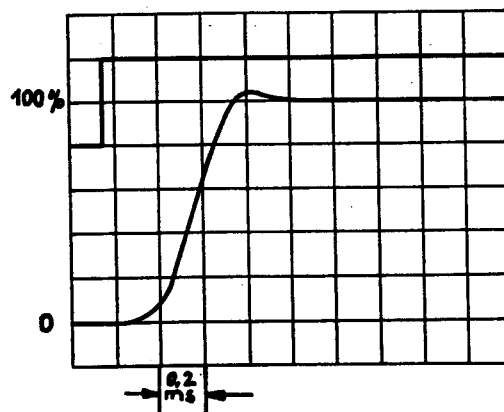


fig. 12 Transient response in position "minimum overshoot"
 Sprungverhalten in Stellung "Minimales Überschwingen"
 Allure du saut en position "dépassément minimal"

U_s	U_m	1 active bridge element		2 active bridge elements		4 active bridge elements	
		$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$	$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$	$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$
1V	0,1 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	0,2 mV	$8 \cdot 10^{-4}$	400	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100
	0,5 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	1 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	2 mV	$8 \cdot 10^{-3}$	4000	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000
	5 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	10 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
	20 mV	$8 \cdot 10^{-2}$		$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000
	50 mV	$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$	
	100 mV	$4 \cdot 10^{-1}$		$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$	
2V	0,1 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	0,2 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	0,5 mV	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125
	1 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	2 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	5 mV	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250
	10 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	20 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
	50 mV	$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$	
	100 mV	$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$	
4V	0,1 mV	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25	$2,5 \cdot 10^{-5}$	12,5
	0,2 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	0,5 mV	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125	$1,25 \cdot 10^{-4}$	62,5
	1 mV	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125
	2 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	5 mV	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250	$1,25 \cdot 10^{-3}$	625
	10 mV	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250
	20 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	50 mV	$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$		$1,25 \cdot 10^{-2}$	6250
	100 mV	$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$	
10V	0,1 mV	$4 \cdot 10^{-5}$	20	$2 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-5}$	5
	0,2 mV	$8 \cdot 10^{-5}$	40	$4 \cdot 10^{-5}$	20	$2 \cdot 10^{-5}$	10
	0,5 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	1 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	2 mV	$8 \cdot 10^{-4}$	400	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100
	5 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	10 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	20 mV	$8 \cdot 10^{-3}$	4000	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000
	50 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	100 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
20V	0,1 mV	$8 \cdot 10^{-5}$	20	$4 \cdot 10^{-5}$	10	$2 \cdot 10^{-5}$	5
	0,2 mV	$1,6 \cdot 10^{-4}$	40	$8 \cdot 10^{-5}$	20	$4 \cdot 10^{-5}$	10
	0,5 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	100	$2 \cdot 10^{-4}$	50	$1 \cdot 10^{-4}$	25
	1 mV	$8 \cdot 10^{-4}$	200	$4 \cdot 10^{-4}$	100	$2 \cdot 10^{-4}$	50
	2 mV	$1,6 \cdot 10^{-3}$	400	$8 \cdot 10^{-4}$	200	$4 \cdot 10^{-4}$	100
	5 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	1000	$2 \cdot 10^{-3}$	500	$1 \cdot 10^{-3}$	250
	10 mV	$8 \cdot 10^{-3}$	2000	$4 \cdot 10^{-3}$	1000	$2 \cdot 10^{-3}$	500
	20 mV	$1,6 \cdot 10^{-2}$	4000	$8 \cdot 10^{-3}$	2000	$4 \cdot 10^{-3}$	1000
	50 mV	$4 \cdot 10^{-2}$	10000	$2 \cdot 10^{-2}$	5000	$1 \cdot 10^{-2}$	2500
	100 mV	$8 \cdot 10^{-2}$		$4 \cdot 10^{-2}$	10000	$2 \cdot 10^{-2}$	5000

fig. 13 Measuring ranges in the case of calibration to 0.8 times full load calibration to the k-factor of the strain gauges

Messbereiche bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollaussteuerung bzw. bei Kalibrierung auf k-Faktor der Dehnmessstreifen

Gamme de mesure pour l'étalonnage sur 0,8 fois la pleine excitation par exemple pour l'étalonnage selon le facteur-k de la jauge contrainte

MEASURING RANGE FACTORS FOR PR 9307

BRIDGE SUPPLY VOLTAGE SENSITIVITY	1 V	2 V	4 V	10 V
mV	RANGE FACTORS			
.1				
.2				
.5				
1				
2				
5				
10				
20				
50				
100				
200				



$$\text{FULL SCALE} = \text{RANGE FACTOR} \times 10^3 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$



$$\text{FULL SCALE} = \text{RANGE FACTOR} \times \frac{10^3}{2} \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$



$$\text{FULL SCALE} = \text{RANGE FACTOR} \times \frac{10^3}{4} \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$

$$\text{OPTIMAL RANGE} = 5 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}} \hat{=} \frac{0,02 \times 10^3}{4} \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$

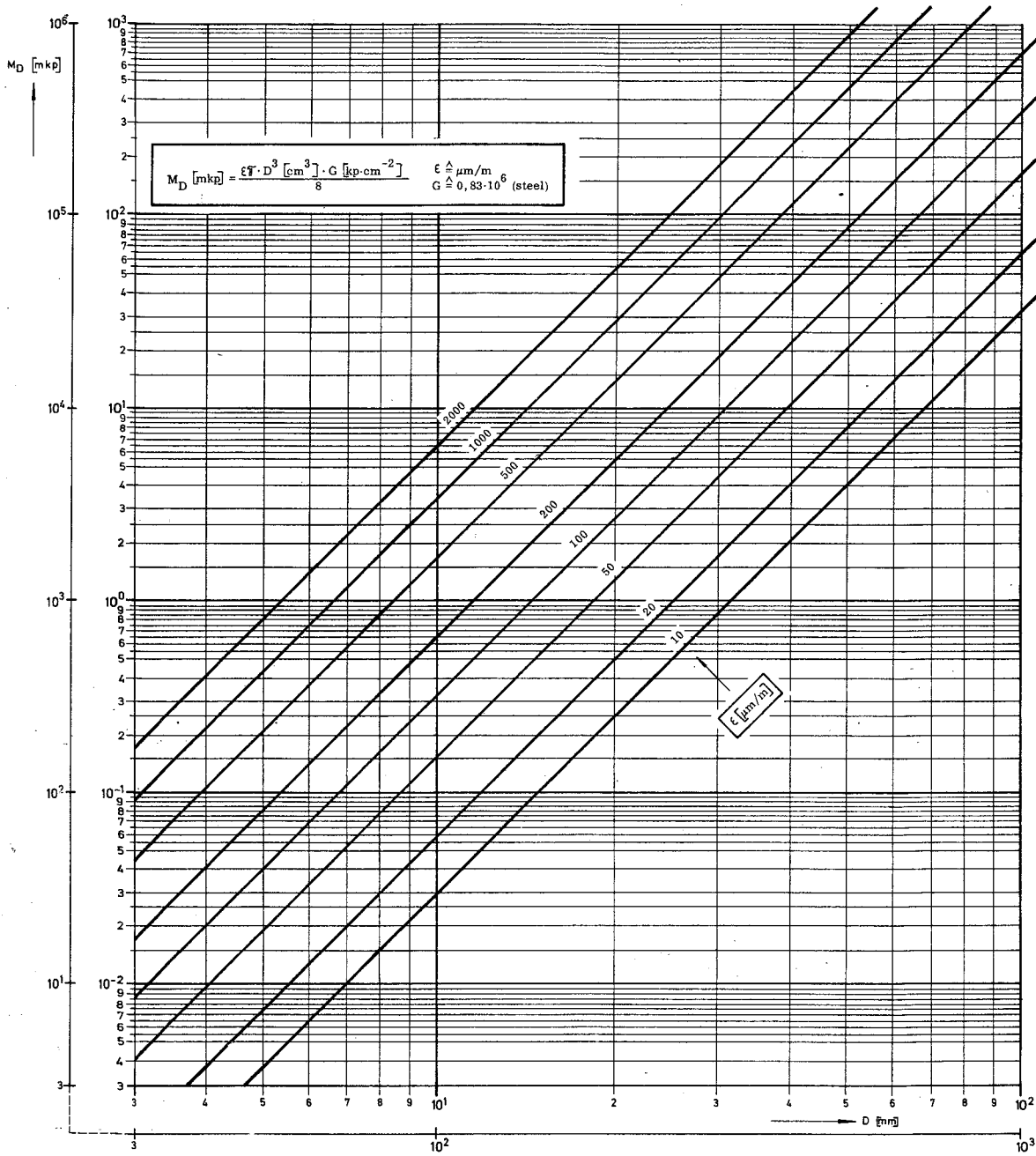

SENSITIVITY_{max.} = 0,1 mV

SUPPLY VOLTAGE_{max.} = 10 V

PR 9307

ATTENTION! Table 1 correspond to fig. 13

Annex 2 Range factors
Messbereichsfaktoren
Facteurs de gamme de mesure



Annex 3 Torque dependent on the strain
 Drehmoment in Abhängigkeit von der Dehnung
 Couple en rapport avec l'élongation